

Universidad Politécnica de Cartagena.

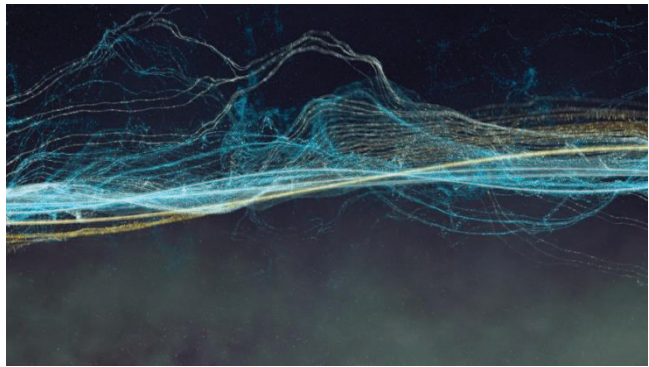
Escuela de Arquitectura e Ingeniería de Edificación.

Grado en Ingeniería de edificación.

APLICACIÓN DEL DOCUMENTO BÁSICO CTE DB-HR PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO AL AULARIO DE PLANTA NUEVA EN EL ALBAICÍN (GRANADA).

AUTOR: AMANDA NAVARRO RAMOS
TUTOR: JULIÁN PÉREZ NAVARRO
CONVOCATORIA: JUNIO 2013

“perturbando al medio”



Fotografía: Patrón sinusoidal del sonido. Daniel Sierra.

Agradecimientos:

A ti...

Prólogo.

El presente proyecto se realiza por petición del Grado de Ingeniería de Edificación de la Universidad Politécnica de Cartagena para la obtención del título Ingeniero de la Edificación.

La propuesta sobre la que versa dicho proyecto, es la aplicación del documento CTE DB-HR Protección frente al ruido, al Aulario de planta nueva en el barrio del Albaicín situado en la ciudad de Granada.

Dicho Aulario de planta nueva, fue objeto de un proyecto realizado anteriormente mi denominado “Rehabilitación de edificio administrativo y aulario de nueva planta” para la obtención del título Arquitecto técnico en la Universidad de Granada.

El proyecto desarrollado fue proyecto básico y de ejecución, tanto del edificio de rehabilitación como del de nueva planta.

En este caso, nos centraremos como anteriormente he citado, en el aulario de nueva planta.

Se procede así al desarrollo del mismo.

PORTADA.....	1
AGRADECIMIENTOS.....	3
PRÓLOGO.....	4
ÍNDICE.....	5
INTRODUCCIÓN.....	7
0.1. Objetivo.....	8
0.2. Descripción del edificio.....	9
0.2.1. Situación y emplazamiento.....	9
0.2.2. Uso y distribución del edificio.....	11
0.2.3. Situación del edificio en estado original.....	15
0.3. Legislación y normativa aplicable.....	17
CAPÍTULO I. AISLAMIENTO ACÚSTICO.....	20
1.1. Introducción.....	21
1.2. Aplicación C.T.E	25
1.2.1. Datos previos.....	25
1.2.2. Uso del edificio y zonificación.....	29
1.2.3. Exigencias de aislamiento acústico.....	33
1.2.4. Elección de la opción de comprobación.....	38
1.2.5. Procedimiento de aplicación de la opción.....	39
1.2.6. Definición de los elementos constructivos y comprobación de la solución adoptada.....	39
1.2.6.1. Aislamiento a ruido aéreo.....	40
1.2.6.2. Aislamiento a ruido de impactos.....	48
1.2.6.3. Vibraciones.....	48
CAPÍTULO II. ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO.....	49
2.1. Introducción.....	50
2.2. Objetivo.....	57
2.3. Metodología aplicada.....	60
2.3.1. Cálculo del tiempo de reverberación en aulas.....	61
2.3.2. Cálculo de la absorción acústica en pasillos.....	62
2.4. Materiales de acabado interiores elegidos.....	63
CAPÍTULO III. RUIDO Y VIBRACIONES DE LAS INSTALACIONES.....	65
3.1. Introducción.....	66
3.1.1. Condiciones de montaje de los equipos generadores de equipo estacionario.....	67
3.1.2. Condiciones de las conducciones y equipamiento.....	67
3.2. Instalaciones del edificio.....	68
3.2.1. Hidráulica.....	68
3.2.2. Climatización.....	74

ÍNDICE

Aplicación del documento básico CTE DB-HR Protección frente al ruido al Aulario de planta nueva en el Albaicín (Granada)

3.2.3	Ventilación.....	78
3.2.4	Eliminación de residuos.....	79
3.2.5	Ascensores y montacargas.....	79
3.2.6	Electricidad.....	81
CAPÍTULO IV. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES.....		84
4.1.	Productos de construcción.....	85
4.1.1.	Características exigibles a los productos.....	85
4.1.2.	Características exigibles a los elementos constructivos.....	91
4.1.2.1.	Elementos de separación verticales.....	91
4.1.2.2.	Elementos de separación horizontales.....	94
4.1.2.3.	Ventanas.....	95
4.1.2.4.	Puerta.....	96
4.2.	Condiciones para el proceso constructivo.....	98
4.2.1.	Preparación de las superficies.....	98
4.2.2.	Ejecución de los aislamientos.....	98
4.2.2.1.	Separación vertical: fachadas y elementos de partición interiores... 99	
4.2.2.2.	Separación horizontal superior: techo.....	109
4.2.2.3.	Separación horizontal inferior: suelo.....	111
4.2.2.4.	Huecos: ventanas y puertas.....	113
CAPÍTULO V. PLAN DE CONTROL.....		115
5.1.	Control de recepción en obra de productos.....	116
5.2.	Control de ejecución.....	119
5.3.	Control de obra terminada. Mediciones in-situ de comprobación.....	128
5.3.1.	Medición in situ del aislamiento a ruido aéreo entre recintos.....	130
5.3.2.	Medición in situ del aislamiento a ruido aéreo en fachada.....	134
5.3.3.	Medición in situ del aislamiento a ruido de impactos entre recintos.....	136
5.3.4.	Medición del tiempo de reverberación de un recinto.....	139
5.3.5.	Fichas de control de control de obra terminada.....	142
CONCLUSIÓN.....		147
BIBLIOGRAFÍA.....		150
ANEXOS.		
Anexo I. Documentación gráfica. Planos.		
Anexo II. Fichas justificativas opción simplificada.		
Anexo III. Programa de simulación: CATT ACOUSTIC.		

INTRODUCCIÓN

0.1. Objetivo.

Lo que se pretende con la elaboración de este proyecto es dar una correcta aplicación del documento *CTE-DB-HR Protección frente al ruido* en toda su extensión, al edificio “Aulario de nueva planta” en el barrio del Albaicín (Granada).

Se puede decir que el objetivo del requisito básico “Protección frente el ruido”, y por tanto el objetivo principal de nuestro proyecto, es limitar, dentro de los edificios y en condiciones normales de utilización, el riesgo de molestias o enfermedades que el ruido pueda producir a los usuarios como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

Para satisfacer este objetivo, los edificios se proyectarán, construirán y mantendrán de tal forma que los elementos constructivos que conforman sus recintos tengan unas características acústicas adecuadas para reducir la transmisión del ruido aéreo, del ruido de impactos y del ruido y vibraciones de las instalaciones propias del edificio, y para limitar el ruido reverberante de los recintos.

Estas características acústicas las determina el DB-HR a través de unas exigencias de aislamiento acústico a ruido aéreo mínimo que deben ofrecer los paramentos de separación horizontales y verticales, en función del tipo de elemento constructivo, así como los niveles normalizados de ruido de impacto que no se deben superar.

Para comprobar si dichas características cumplen, deberán seguirse una secuencia de verificaciones que se expone a continuación, las cuales quedan enumeradas tal cual en el apartado “1.1. Procedimiento de verificación” del documento básico.

- a) *cumplimiento de las condiciones de diseño y de dimensionado del aislamiento acústico a ruido aéreo y del aislamiento acústico a ruido de impactos de los recintos de los edificios; esta verificación puede llevarse a cabo por cualquiera de los procedimientos siguientes:*
 - i) *mediante la opción simplificada, comprobando que se adopta alguna de las soluciones de aislamiento propuestas en el apartado 3.1.2. del CTE DB-HR.*
 - ii) *mediante la opción general, aplicando los métodos de cálculo especificados para cada tipo de ruido, definidos en el apartado 3.1.3;*

Independientemente de la opción elegida, deben cumplirse las condiciones de diseño de las uniones entre elementos constructivos especificadas en el apartado 3.1.4.

- b) *cumplimiento de las condiciones de diseño y dimensionado del tiempo de reverberación y de absorción acústica de los recintos afectados por esta exigencia, mediante la aplicación del método de cálculo especificado en el apartado 3.2.*
- c) *cumplimiento de las condiciones de diseño y dimensionado del apartado 3.3 referentes al ruido y a las vibraciones de las instalaciones.*
- d) *cumplimiento de las condiciones relativas a los productos de construcción expuestas en el apartado 4.*
- e) *cumplimiento de las condiciones de construcción expuestas en el apartado 5.*
- f) *cumplimiento de las condiciones de mantenimiento y conservación expuestas en el apartado 6.*

El cumplimiento de dichas verificaciones se desarrollarán en 5 capítulos distintos, que juntos a los anexos dan la estructura del presente proyecto.

0.2.Descripción del edificio

0.2.1. Situación y emplazamiento

La intervención objeto del proyecto se realiza en el barrio del Albaicín de Granada más concretamente, en la calle Carretera de Murcia.

Situación.





El solar en que se emplazan las obras proyectadas es de forma irregular, y presenta un fuerte desnivel, con diferencia máxima de cota de 11,70 metros desde el punto más alto de la carretera de Murcia al punto más bajo del solar en el jardín, con una superficie catastral de 1608 m². No se conocen servidumbres que afecten al mismo.

Edificio nueva construcción	
Ocupación planta baja	11.86%
Ocupación planta primera	13.35%
Ocupación planta segunda	8.30%
Ocupación planta alta	2.69%

0.2.2. Uso y distribución del edificio

El edificio en cuestión estará destinado al uso docente, ya que es un aulario de nueva planta distribuida en cuatro plantas.

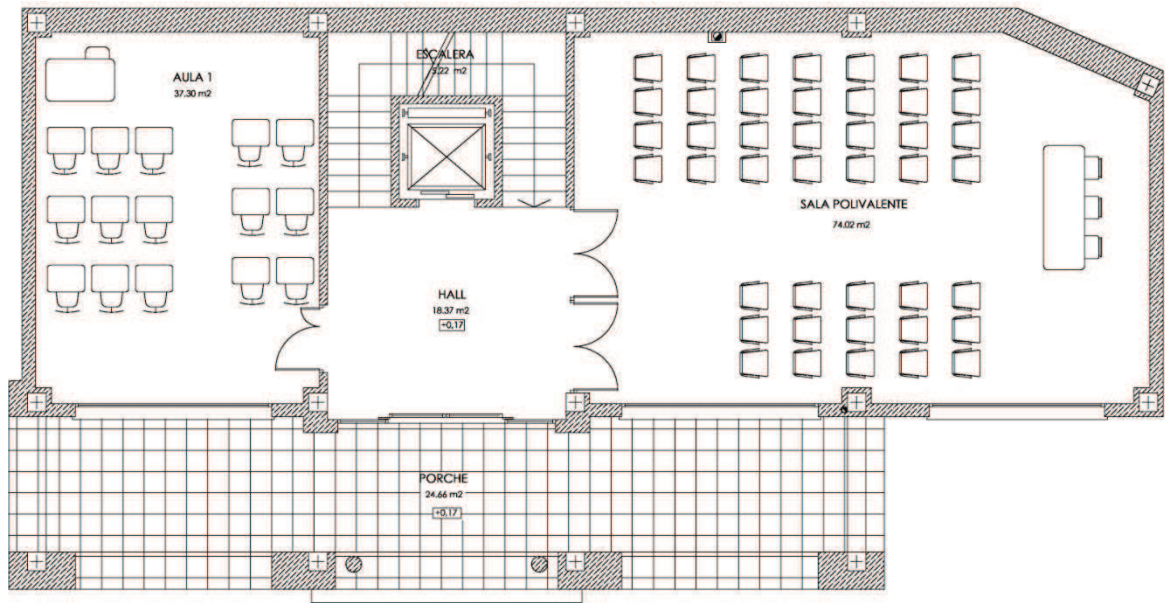
El edificio se relaciona con la parcela en la que se ubica a través de una entrada en planta alta desde la carretera de Murcia y tendrá comunicación directa con el jardín desde el porche de planta baja.

En la planta baja se distribuye en la primera crujía el porche y en la segunda un hall, núcleo de comunicación vertical con escalera y ascensor, de acceso a un aula y a una sala polivalente. Desde esta planta se accede a la primera, llegando a una sala de espera, núcleo central de la planta, que da acceso a dos aulas, aseos, cuarto de instalaciones y una sala de profesores. Desde aquí se accede a la segunda planta, con un núcleo central de acceso a las aulas y a un balcón. Esta planta se relaciona con la alta, en la que se dispone de una recepción, que a su vez actúa como núcleo central.

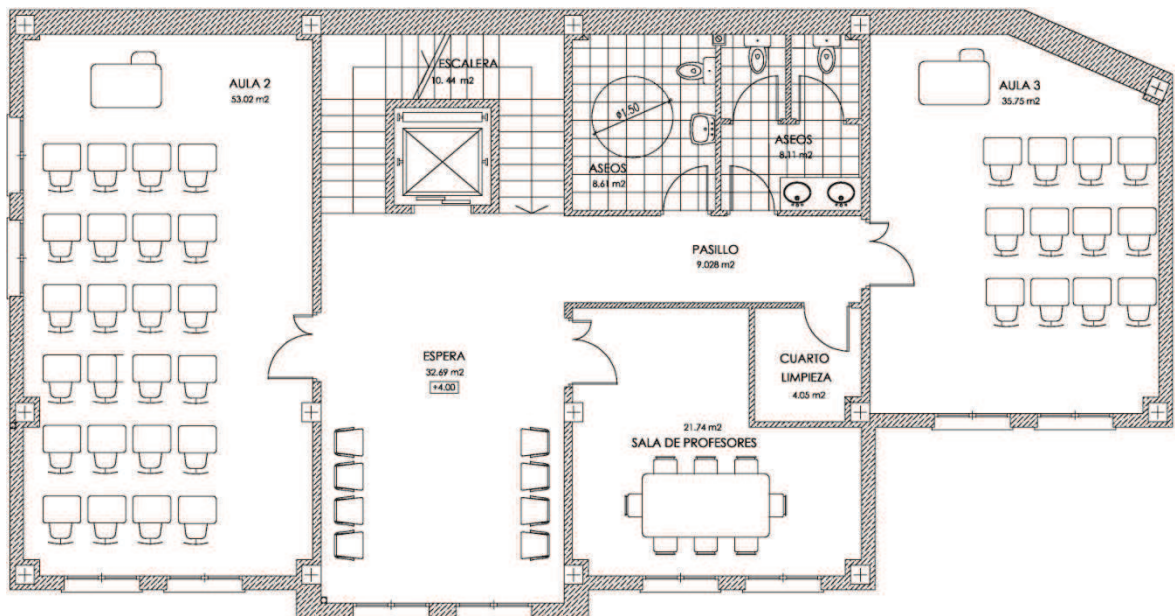
INTRODUCCIÓN.

Aplicación del documento básico CTE DB-HR Protección frente al ruido al Aulario de planta nueva en el Albaicín (Granada).

PLANTA BAJA.



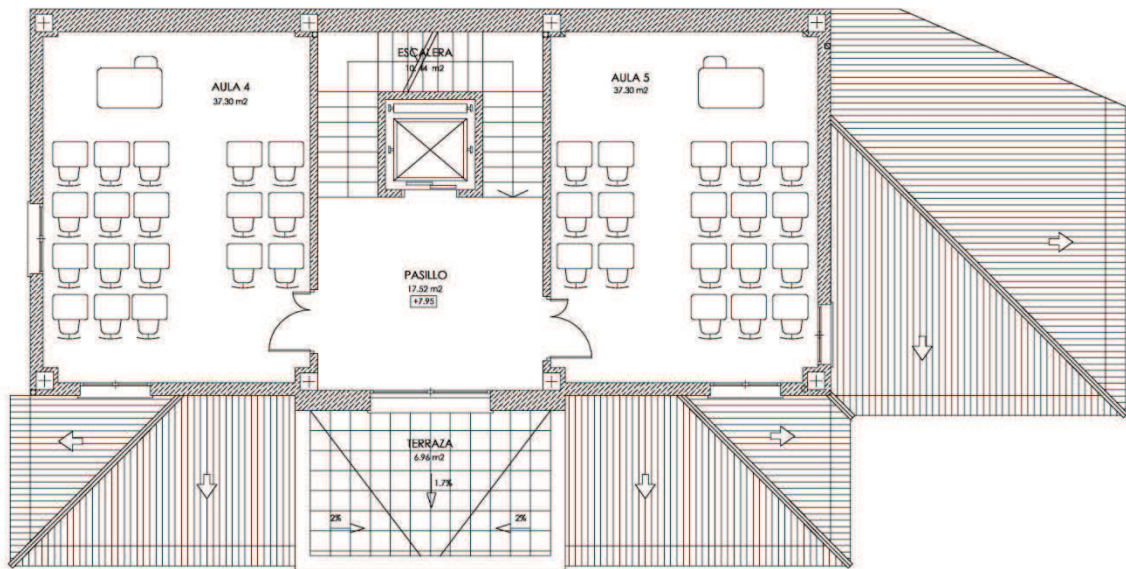
PLATA PRIMERA.



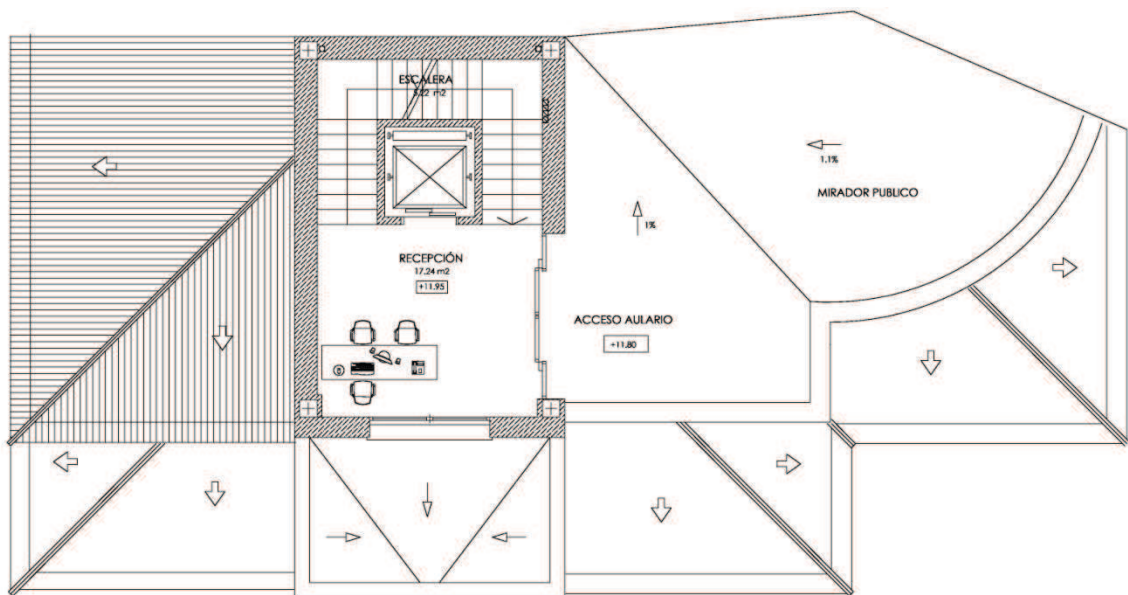
INTRODUCCIÓN.

Aplicación del documento básico CTE DB-HR Protección frente al ruido al Aulario de planta nueva en el Albaicín (Granada).

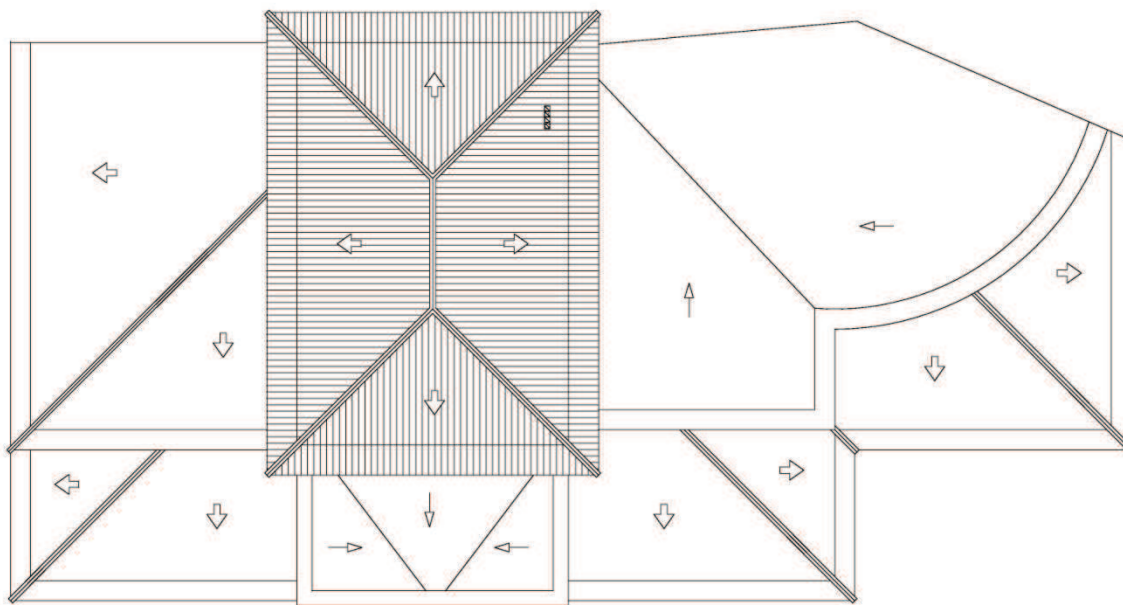
PLANTA SEGUNDA.



PLANTA TERCERA.



PLANTA CUBIERTA.



A continuación se muestran las superficies útiles que disponen cada una de las dependencias que componen el edificio:

CUADRO DE SUPERFICIES.

	Dependencia	Superficie Útil
Planta Baja	Hall	18.37 m²
	Ascensor	3.2 m²
	Escalera	5.22 m²
	Aula1	37.30m²
	Sala polivalente	74.02 m²
	Porche	24.66 m²
	TOTAL PLANTA BAJA = 162.77 m²	
Planta Primera	Espera	32.69 m²
	Ascensor	3.2 m²
	Escalera	10.44 m²
	Aula 2	53.02 m²

	Aula 3	35.75 m²
	Pasillo	9.028 m²
	Aseo minusválidos	8.60 m²
	Aseo	8.11 m²
	Cuarto de limpieza	4.05 m²
	Sala de profesores	21.74 m²
	TOTAL PLANTA PRIMERA = 186.62 m²	
Planta Segunda		
	Pasillo	17.52 m²
	Ascensor	3.2 m²
	Escalera	10.44 m²
	Aula 4	37.30 m²
	Aula 5	37.30 m²
	Terraza	6.96 m²
	TOTAL PLANTA SEGUNDA = 112.72 m²	
Planta Alta		
	Recepción	17.24 m²
	Ascensor	3.2 m²
	Escalera	5.22 m²
	TOTAL PLANTA ALTA = 25.66 m²	

0.2.3. Situación del edificio en estado original.

El edificio se presenta de forma esquelética, es decir, se encuentra construida la estructura portante (los forjados, los pilares y la cubierta), por lo que se procederá a realizar el cierre del mismo, las particiones interiores y los tratados acústicos en dichas particiones y sobre los elementos horizontales previamente construidos.

Con respecto a las características constructivas del edificio primitivo se pueden destacar las siguientes:

SISTEMA ESTRUCTURAL.

- Cimentación. Losa de hormigón armado de 50 cm de espesor.
- Estructura portante y horizontal. Muros pantalla de hormigón armado HA-25/P/20/Ila, con árido rodado de diámetro máximo 20 mm. y consistencia plástica,

armado con acero B 500 S con una cuantía aproximada de 73 kg/m³, según instrucción EHE, NCSE-02 y CTE DB SE-C. en la zona perimetral del terreno.

Y pilares de hormigón armado en el resto.

En cuanto a la estructura horizontal, se ha adoptado como solución forjados reticulares de hormigón armado HA-25/P/20/IIa, consistencia plástica y tamaño máximo del árido 20 mm, con acero B 500 S, canto de 25+5 cm, aligeramiento con bloques permanentes de hormigón, mallazo electrosoldado B 500 T, con capa de compresión de 5 cm, construido según EHE y NCSE-02.

CUBIERTAS.

- Como sistemas de cubiertas se han elegido faldones de azotea invertida transitable flotante formado por: barrera de vapor de base asfáltica, capa de hormigón aligerado de 10 cm de espesor medio; membrana de betún modificado de 4 mm de espesor, con armadura de polietileno de 4 kg/m²; capa separadora antiadherente geotextil 250 gr/m²; panel aislante de poliestireno extrusionado de 30 mm de espesor con juntas escalonadas a media madera; tejido antipunzonamiento geotextil 250 gr/m²; soporte regulable "plot" en dos piezas con cuatro ranuras superiores, de polipropileno, sobre medio ladrillo para repartir las cargas; y losa especial para terrazas flotantes de 80x40x3 cm, de caliza blanca, capaz de soportar una carga puntual en el centro de 100 kg, colocada en seco, con juntas abiertas para permitir el paso del agua.
- Cubiertas inclinadas, con una pendiente del 32%. La formación de pendiente, de 0,75 m de altura media, estará formada por: tabicones aligerados en avispero separados 50 cm, de ladrillo hueco doble de 7 cm., recibidos con mortero M5 (1:6) y tablero de rasilla, recibido con pasta de yeso YG, capa de mortero M5 (1:6) de 4 cm de espesor, con panel rígido de fibra de vidrio de 45 mm. y membrana impermeabilizante 4 Kg/m². Todo ello cubierto con teja cerámica árabe.

0.3. LEGISLACIÓN Y NORMATIVA APLICABLE

El edificio de estudio se encuentra en la Comunidad de Andalucía, por lo tanto, la legislación en materia de acústica que tiene que cumplir es:

Código Técnico de la Edificación (DB-HR).

El Código Técnico de Edificación, en su documento básico HR, protección contra el ruido, ya que se trata del objetivo principal de dicho proyecto.

Real Decreto 1367/2007 (Normativa Estatal)

Este Real Decreto tiene por objeto establecer las normas necesarias para el desarrollo y ejecución de la Ley 37/2003, de 17 de Noviembre, del Ruido en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

Decreto 326/2003 (Normativa Autonómica)

El objeto del presente Reglamento en desarrollo de la Ley 7/1994 EDL 1994/16031, de 18 de Mayo, de Protección Ambiental, es la regulación de la calidad del aire para prevenir, vigilar y corregir las situaciones de contaminación acústica por ruidos y vibraciones, cualesquiera que sean las causas que las produzcan, para proteger la salud de los ciudadanos y ciudadanas, el derecho a su intimidad y mejorar la calidad del Medio Ambiente.

El presente Reglamento será de aplicación a cualquier infraestructura, instalación, maquinaria o proyectos de construcción, así como a las actividades de carácter público o privado, incluidas o no en los Anexos de la Ley 7/1994, que se pretendan llevar a cabo o se realicen en el territorio de la Comunidad Autónoma de Andalucía y produzcan o sean susceptibles de producir, contaminación acústica por ruidos o vibraciones.

Ordenanza Municipal De Protección Del Ambiente Acústico De Granada (Normativa Municipal)

La presente Ordenanza tiene por objeto regular la protección del medio ambiente urbano frente a los ruidos y vibraciones que impliquen molestia, riesgo o daño para las personas o bienes de cualquier naturaleza.

Estas tres normativas coinciden en los niveles límite de inmisión de ruido en el interior de las edificaciones, los niveles límite de emisión de ruido en el exterior de las edificaciones y los niveles límite de ruido ambiental en fachadas de edificaciones.

Dichos valores se exponen a continuación en las siguientes tablas, las cuales se presentan en los diferentes Anexos de cada normativa.

Niveles límite de inmisión de ruido en el interior de las edificaciones (NAE):

ZONIFICACIÓN	TIPO DE LOCAL	DÍA(7-23)	NOCHE(23-7)
Equipamientos	Sanitario y bienestar social	30	25
	Cultural y Religioso	30	30
	Educativo	40	30
	Para el ocio	40	40
Servicios Terciarios	Hospedaje	40	30
	Oficinas	45	35
	Comercio	55	45
Residencial	Piezas habitables, Excepto Cocinas y cuartos de baño	35	30
	Pasillos, aseos y cocinas	40	35
	Zonas de acceso común	50	40

Niveles límite de emisión de ruido en el exterior de las edificaciones (NEE):

SITUACIÓN ACTIVIDAD	Día(7-23)	Noche(23-7)
Zona de equipamiento sanitario	60	50
Zona con residencia ,servicios Terciarios ,no comerciales o Equipamientos no sanitarios	65	55
Zona con actividades comerciales	70	60
Zona con actividad industrial o Servicio urbano excepto servicios De administración	75	70

Niveles límite de ruido ambiental en fachadas de edificaciones.

Área de sensibilidad acústica	Niveles Límite(Dba)	
	Día(7-23) $L_{a\text{eq}_d}$	Noche(23-7) $L_{a\text{eq}_d}$
TIPO I (Área de silencio)	55	40
TIPO II (Área levemente ruidosa)	55	45
TIPO III (Área toleradamente ruidosa)	65	55
TIPO IV (Área ruidosa)	70	60
TIPO V (Área especialmente ruidosa)	75	65

Expuesta esta pequeña introducción, donde se nos presenta al edificio y el lugar donde se encuentra ubicado, se procede a desarrollar el tema más detalladamente en cada uno de los capítulos y anexos siguientes.

CAPÍTULO I. AISLAMIENTO ACÚSTICO.

1.1. Introducción

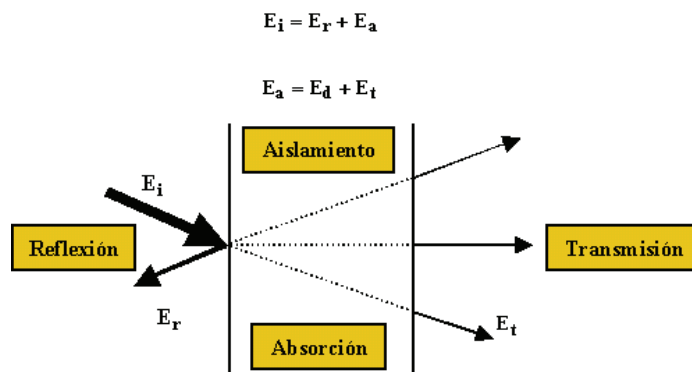
Se entiende por aislamiento acústico al conjunto de procedimientos empleados para reducir o evitar la transmisión de ruidos (tanto aéreos como estructurales) de un recinto a otro o desde el exterior hacia el interior de un recinto o viceversa, con el fin de obtener una calidad acústica determinada.

Dicho sonido que se genera en una actividad como la que estamos evaluando puede tener distintas naturaleza. A continuación se van a describir las distintas fuentes de ruido que puede tener la actividad:

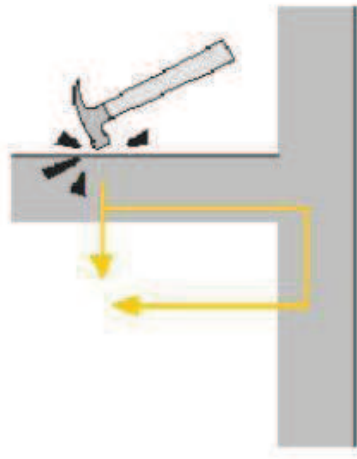
- a) El ruido aéreo son ondas sonoras que se propagan a través del aire y que cuando éstas chocan con los cerramientos del local emisor, pueden provocar tres efectos distintos: Uno de ellos es que la onda que impacta con el cerramiento rebote y se produzca el efecto de reflexión (onda reverberada). Otro es que el cerramiento absorba la onda incidente, en este caso se transforma la energía acústica en forma de calor. Y el último efecto, que es el que nos interesa, es que se transmita la onda a través del cerramiento. En este último efecto, al incidir la onda sobre el cerramiento se produce unas fuerzas normales que provocan en los cerramientos movimientos vibratorios que hacen que la onda se transmita al recinto receptor.

Por lo tanto, a la hora de diseñar un sistema de aislamiento acústico se tendrá que tener en cuenta que éste sea capaz de absorber al máximo la energía acústica que incide sobre él, con el fin de que se transmita el mínimo de energía.

Las principales fuentes de ruido para el tipo de actividad sometida a estudio pueden ser, el ruido de las personas al hablar, el ruido de instalaciones...



- b) El ruido de impacto se origina al producirse un impacto, un choque o una colisión sobre un cerramiento o un elemento estructural, que hace que el elemento en cuestión entre en vibración, y por lo tanto, se transmita el ruido al recinto receptor. Este tipo de ruidos son de muy corta duración y se transmiten con mucha facilidad por elementos constructivos adyacentes. Debido a la facilidad de propagación que tiene este tipo de ruido, cabe la posibilidad que pueda aparecer en locales a gran distancia de su origen.



Por lo tanto, a la hora de diseñar el sistema de aislamiento a ruido de impacto, se tendrá que tener en cuenta dos cosas; disminuir al máximo la vibración del elemento constructivo y desolidarizar lo máximo posible las uniones entre los elementos. En general, hay 2 métodos para realizar aislamiento a ruido de impacto:

- colocar sobre la superficie a aislar un material elástico, flexible y blando, con espesor adecuado para que sirva al mismo tiempo de acabado.
- desolidarizar la superficie sobre la que se produce el impacto del resto de la estructura (suelos flotantes).

Las principales fuentes de este tipo de ruido para el tipo de actividad sometida a estudio pueden ser los taconeos, la caída de objetos, el arrastre de sillas, golpes,... Por lo tanto, el cerramiento más propenso a las transmisiones de ruido de impacto suele ser el suelo, por ello, se tratará de una forma especial.

- c) Las vibraciones se producen cuando un elemento vibratorio como puede ser cualquier maquinaria, se encuentre en contacto directo con un cerramiento o un elemento estructural, ya que transmite la vibración al parámetro constructivo, y, en consecuencia, se trasmite ruido al recinto colindante.

Por lo tanto, a la hora de diseñar el sistema de aislamiento a ruido de vibraciones, simplemente se tendrá en cuenta que no se encuentre ningún tipo de maquinaria en contacto directo con los cerramientos o elementos estructurales, evitando así la transmisión estructural del sonido.

Un mal aislamiento facilita la inmisión de ruidos desde espacios ajenos al aula en cuestión, lo que se traduce en un ruido de fondo que se superpone al mensaje emitido y lo enmascara. De aquí salen dos conceptos de vital importancia, los cuales quedan descritos a continuación:

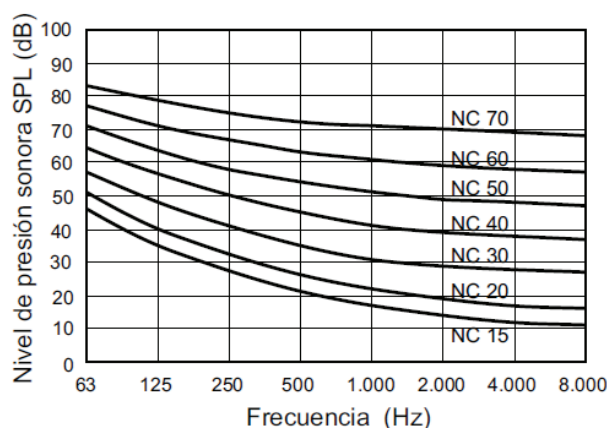
Ruido de fondo:

La evaluación objetiva del grado de molestia que un determinado ruido ambiental provoca en un oyente se realiza por comparación de los niveles de ruido existentes en un recinto, en cada banda de octava comprendida entre 63 Hz y 8 kHz, con un conjunto de curvas de referencia denominadas NC (“Noise Criteria”).

Las curvas NC son, además, utilizadas de forma generalizada para establecer los niveles de ruido máximos recomendables para diferentes tipos de recintos en función de su aplicación.

TIPOS DE RECINTOS	CURVA NC RECOMENDADA	EQUIVALENCIA EN dBA
Estudios de grabación	15	28
Salas de conciertos y teatros	15-25	28-38
Hoteles (habitaciones individuales)	20-30	33-42
Salas de conferencias / Aulas	20-30	33-42
Despachos de oficinas / Bibliotecas	30-35	42-46
Hoteles (vestibulos y pasillos)	35-40	46-50
Restaurantes	35-40	46-50
Salas de ordenadores	35-45	46-55
Cafeterías	40-45	50-55
Polideportivos	40-50	50-60
Talleres (maquinaria ligera)	45-55	55-65
Talleres (maquinaria pesada)	50-65	60-75

Se dice que un recinto cumple una determinada especificación NC (por ejemplo: NC-20) cuando los niveles de ruido de fondo, medidos en cada una de dichas bandas de octava, están por debajo de la curva NC correspondiente



Por lo que en nuestro caso cumpliría siempre y cuando los niveles de ruido de fondo medidos se encuentren debajo de la curva 20-30, cuya equivalencia en d BA es de 33-42.

Enmascaramiento del sonido.

Cuando el oído está expuesto a dos o más tonos puros de frecuencias diferentes, existe la posibilidad de que uno de ellos enmascare los demás (el de baja frecuencia enmascara al otro, tanto más, cuanto mayor sea su nivel de presión sonora) y, por tanto, evite su percepción de forma parcial o total.

En el mensaje oral, la duración de las vocales y su correspondiente nivel de presión sonora es mayor que el de las consonantes. Siendo su contenido frecuencial más rico en bajas frecuencias, al contrario que las consonantes que presentan un mayor contenido de altas frecuencias.

En una sala con un tiempo de reverberación alto, el decaimiento energético de una vocal emitida en la misma es apreciablemente más lento que su decaimiento propio (aquel que se observaría si la vocal se emitiese en el espacio libre). Tal hecho, junto con la mayor duración y nivel comentados anteriormente, provoca un solapamiento temporal de la vocal con la consonante emitida inmediatamente después.

La simultaneidad temporal de la vocal y de la consonante con sus correspondientes niveles, así como las características espectrales de ambos sonidos, son las causantes del enmascaramiento parcial o total de la consonante, producido por la vocal.

Finalmente, como el grado de inteligibilidad está estrechamente ligado a la correcta percepción de las consonantes por su importante contenido de altas frecuencias, el

enmascaramiento de las mismas debido a un exceso de reverberación provoca indefectiblemente una pérdida de inteligibilidad en la sala.

1.2. Aplicación C.T.E

Tenemos el edificio en su estado original tal y como hemos definido en la introducción, por lo que ahora se presenta la siguiente pregunta:

¿Qué pasos hay que seguir para dar cumplimiento al DB-HR, en cuanto a las condiciones de diseño y dimensionado de los elementos constructivos restantes del edificio, para cumplir con las especificaciones que da el CTE respecto al aislamiento acústico a ruido aéreo y al aislamiento acústico a ruido de impactos en los recintos?

La manera de abordar dicho tema se hará siguiendo los pasos que expone la *Guía de aplicación del DB HR Protección frente al ruido. Versión V.01 1 de agosto de 2009*.

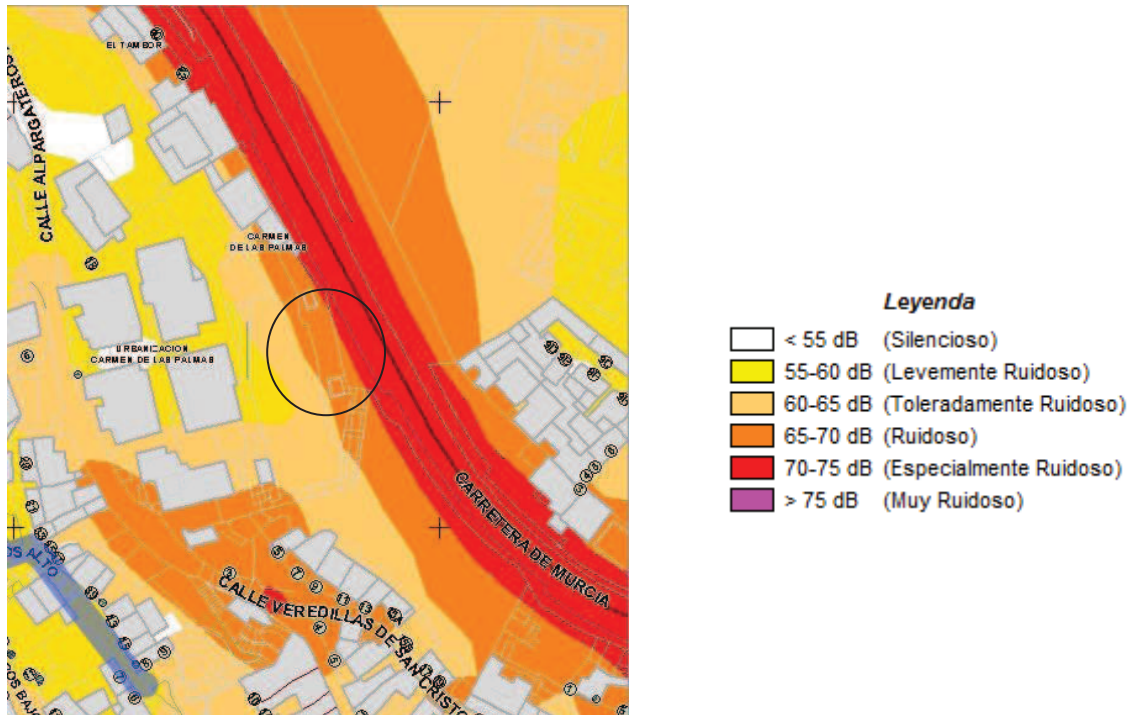
1.2.1. Datos previos.

Previo al estudio de los niveles de aislamiento acústico exigidos en un edificio es necesario conocer el valor del índice de ruido día, L_d de la zona donde se ubica el edificio, ya que las exigencias de aislamiento acústico a ruido exterior se fijan en función de L_d , el cual define el índice de ruido asociado a la molestia durante el periodo día.

Dicho valor se obtiene mediante la consulta de los mapas estratégicos de ruido, en nuestro caso en el mapa de ruido del Ayuntamiento de Granada del año 2007.

Éste, es un mapa diseñado para evaluar globalmente la exposición al ruido de una determinada zona debido a la existencia de distintas fuentes de ruido. Para su elaboración se ha utilizado un modelo matemático de tipo predictivo de acuerdo con la Directiva 2002/49/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre Evaluación y Gestión del Ruido Ambiental.

Se muestra a continuación el fragmento de mapa, donde se ubica el edificio.



Clasificación de las áreas de sensibilidad acústica según Art. 11 del Decreto 326/2003

Las áreas de sensibilidad acústica se clasifican de acuerdo con la siguiente tipología:

Tipo I: Área de silencio. Zona de alta sensibilidad acústica, que comprende los sectores del territorio que requieren una especial protección contra el ruido. En ella se incluyen las zonas con predominio de los siguientes usos del suelo:

- a) Uso sanitario.
- b) Uso docente.
- c) Uso cultural.
- d) Espacios naturales protegidos, salvo las zonas urbanas.

Tipo II: Área levemente ruidosa. Zona de considerable sensibilidad acústica, que comprende los sectores del territorio que requieren una protección alta contra el ruido. En ella se incluyen las zonas con predominio de los siguientes usos del suelo:

- a) Uso residencial.
- b) Zona verde, excepto en casos en que constituyen zonas de transición.

c) Adecuaciones recreativas, campamentos de turismo, aulas de la naturaleza y senderos.

Tipo III: Área tolerablemente ruidosa. Zonas de moderada sensibilidad acústica, que comprende los sectores del territorio que requieren una protección media contra el ruido. En ella se incluyen las zonas con predominio de los siguientes usos del suelo:

- a) Uso de hospedaje.
- b) Uso de oficinas o servicios.
- c) Uso comercial.
- d) Uso deportivo.
- e) Uso recreativo.

Tipo IV: Área ruidosa. Zona de baja sensibilidad acústica, que comprende los sectores del territorio que requieren menor protección contra el ruido. En ella se incluyen las zonas con predominio de los siguientes usos del suelo:

- a) Uso industrial.
- b) Zona portuaria.
- c) Servicios públicos, no comprendidos en los tipos anteriores.

Tipo V: Área especialmente ruidosa. Zona de nula sensibilidad acústica, que comprende los sectores del territorio afectados por servidumbres sonoras a favor de infraestructuras de transporte, autovías, autopistas, rondas de circunvalación, ejes ferroviarios, aeropuertos y áreas de espectáculos al aire libre.

Según este mapa, los elementos constructivos del edificio, en contacto con el exterior, objeto de estudio, presentan los siguientes índices de ruido:

Fachada 1. Al encontrarse la fachada expuesta a varios valores de L_d se adoptará el valor más elevado de ellos. En este caso la zona se clasificará como zona ruidosa con un valor de L_d igual a L_d (dBA): $65 < L_d \leq 70$:

Fachada 2. Se clasificará como zona toleradamente ruidoso con un valor de L_d igual a L_d (dBA): $60 < L_d \leq 65$:

Fachada 3 y Cubiertas. Al encontrarse la fachada expuesta a varios valores de L_d se adoptará el valor más elevado de ellos. En este caso la zona se clasificará como zona ruidosa con un valor de L_d igual a L_d (dBA): $65 < L_d \leq 70$:

Fachada 4. Se clasificará como zona Especialmente ruidosa con un valor de L_d igual a L_d (dBA): $70 < L_d \leq 75$:

De este modo, y según la tabla de valores de aislamiento acústico a ruido aéreo, $D_{2m,nT,Atr}$, en dBA, entre un recinto protegido y el exterior expresada a continuación:

L_d dBA	Uso del edificio			
	Residencial y hospitalario		Cultural, sanitario ⁽¹⁾ , docente y administrativo	
	Dormitorios	Estancias	Estancias	Aulas
$L_d \leq 60$	30	30	30	30
$60 < L_d \leq 65$	32	30	32	30
$65 < L_d \leq 70$	37	32	37	32
$70 < L_d \leq 75$	42	37	42	37
$L_d > 75$	47	42	47	42

Los valores de aislamiento acústico a ruido aéreo en fachada serán por tanto:

FACHADA 1 Y 3 y la totalidad de las cubiertas. El valor de aislamiento acústico a ruido aéreo de fachada no será inferior a 32 dBA, para aulas, y 37 dBA para estancias.

FACHADA 2. El valor de aislamiento acústico a ruido aéreo de fachada no será inferior a 30 dBA, para aulas, y 32 dBA para estancias.

FACHADA 4. Los recintos que colindan con esta fachada son habitables por lo que no tiene que cumplir tal exigencia, ya que solo la normativa determina que estarán sujetos a protección frente a ruido procedente del exterior los recintos protegidos.

En este de este edificio, el ruido exterior dominante será el de automóviles.

1.2.2. Uso del edificio y zonificación.

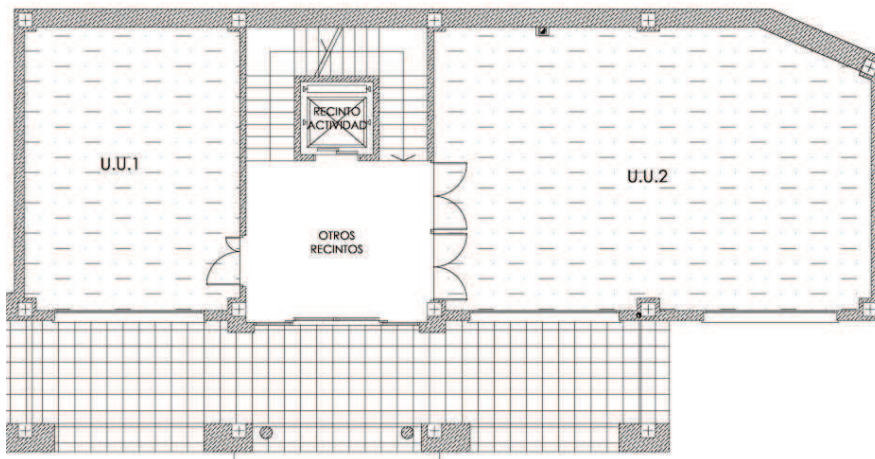
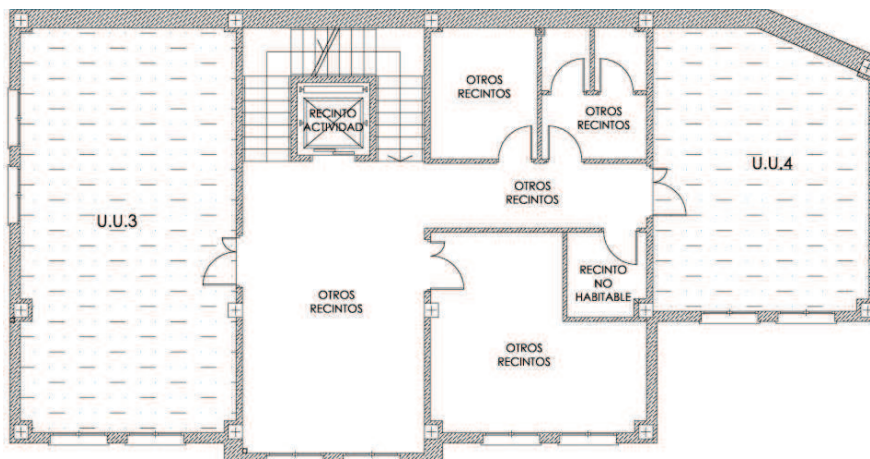
Los valores límite de aislamiento acústico requeridos pueden agruparse en tres tipos, según sea la procedencia del ruido que afecta a los recintos del edificio:

- Ruido interior: ruido aéreo y de impactos entre recintos del edificio.
- Ruido procedente del exterior.
- Ruido procedente de otros edificios.

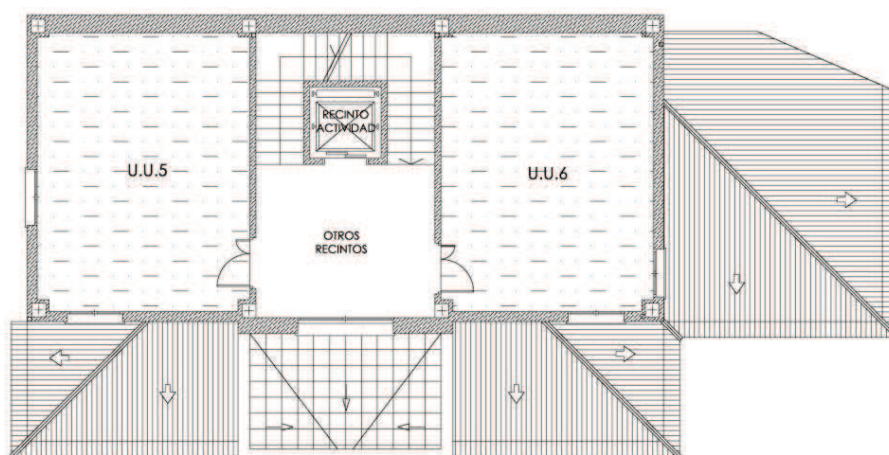
Para determinar los valores exigidos en cada caso, es necesario identificar el uso o usos del edificio y proceder a la zonificación del mismo.

Uso del edificio.

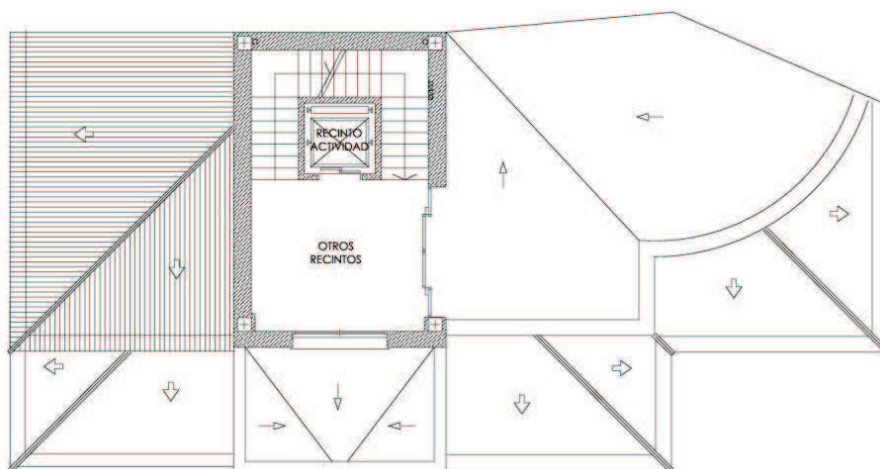
El edificio proyectado tiene un uso docente, constituyendo cada aula una unidad de uso.

PLANTA BAJA**PLANTA PRIMERA**

PLANTA SEGUNDA



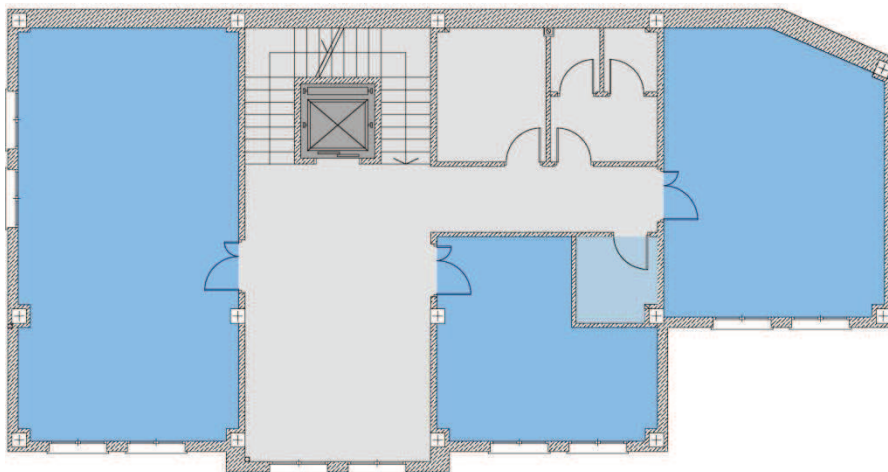
PLANTA TERCERA



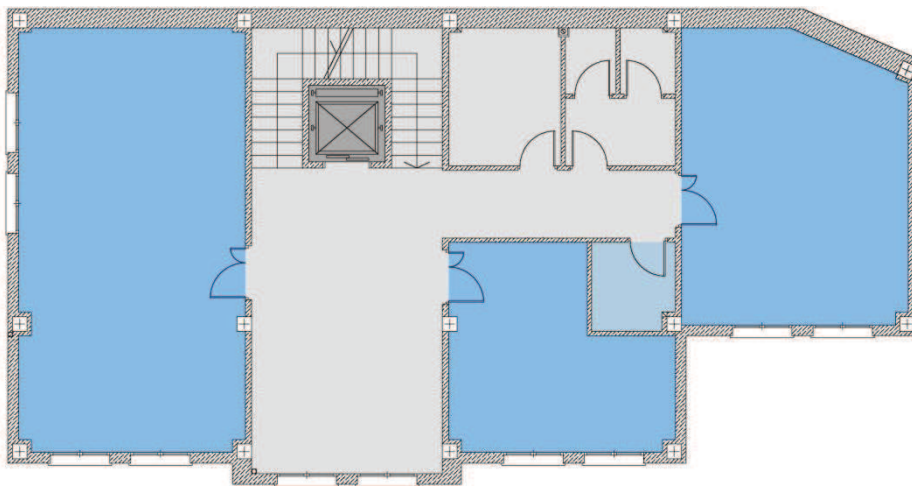
Zonificación del edificio.

Para determinar los valores de aislamiento acústico a ruido interior también ha de zonificarse cada uno de los distintos recintos en cuestión.





PLANTA BAJA.



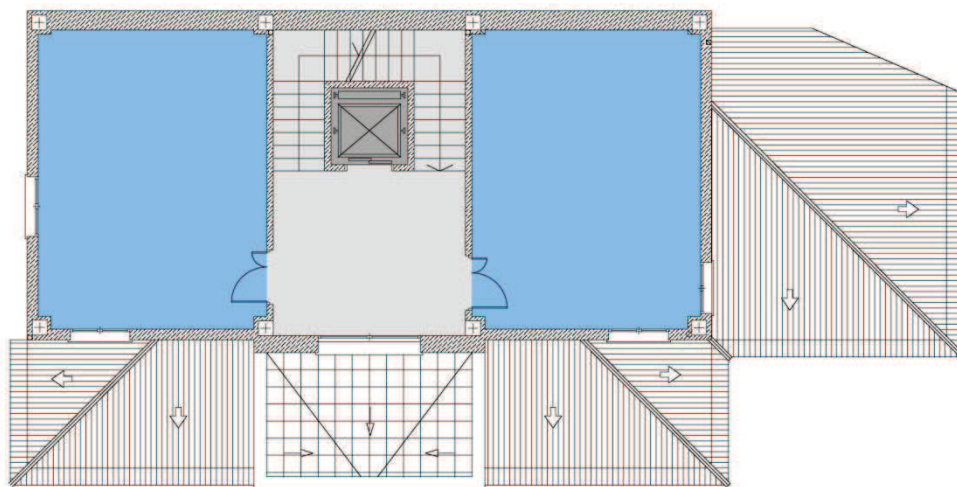
PLANTA PRIMERA.



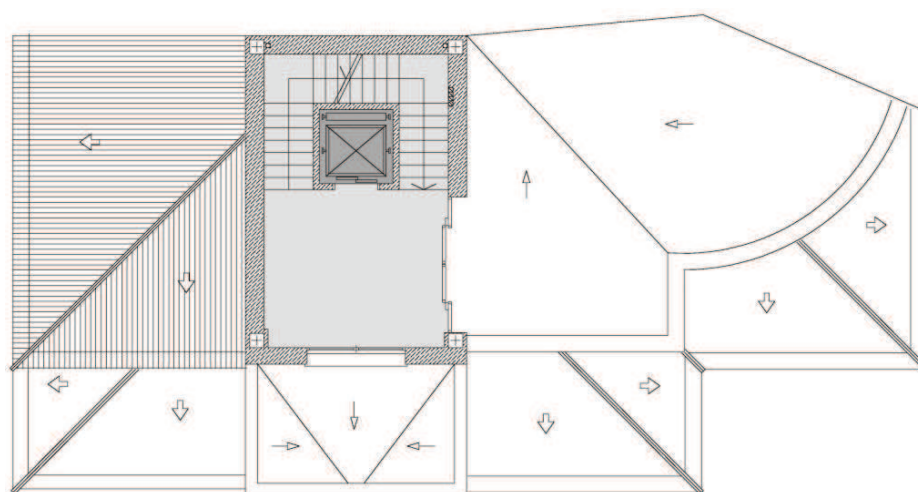
LEYENDA.

ZONIFICACIÓN.			
	Aulas, despacho y sala de conferencias. (Recinto protegido).		Cuarto de limpieza. (Recinto no habitable.)
	Zonas comunes. (Recinto habitable.)		Ascensor (Recinto de instalaciones)





PLANTA SEGUNDA.



PLANTA TERCERA.



LEYENDA.

ZONIFICACIÓN.	
	Aulas, despacho y sala de conferencias. (Recinto protegido).
	Zonas comunes. (Recinto habitable.)
	Cuarto de limpieza. (Recinto no habitable.)
	Ascensor (Recinto de instalaciones)

1.2.3. Exigencias de aislamiento acústico.

Antes de establecer los valores de aislamiento entre recintos, hay que especificar a qué tipo de recintos se les aplica estas exigencias:

- Exigencias a ruido interior: Las exigencias de aislamiento frente a ruido interior se establecen:
 - Entre una unidad de uso y cualquier recinto del edificio que no pertenezca a dicha unidad de uso.
 - Entre recintos protegidos o habitables y recintos de instalaciones/actividad o ruidosos.

Para determinar los valores de aislamiento acústico a ruido interior, (ruido aéreo y de impactos entre recintos) exigidos en el DB HR, previamente ha sido zonificado el edificio e identificado las diferentes unidades de uso, así como aquellos recintos que no son una unidad de uso, como recinto de instalaciones, de actividad, ruidosos, y otros recintos que no forman parte de ninguna unidad de uso, ya sean recintos habitables o protegidos.

A efectos de ruido interior, los recintos no habitables no tienen exigencias de aislamiento acústico a ruido interior.

- Exigencias entre un recinto y el exterior. Las exigencias de aislamiento acústico entre un recinto y el exterior se aplican sólo a los recintos protegidos del edificio, pertenezcan o no a una unidad de uso.
- Las exigencias entre edificios. No es aplicable a dicho proyecto por no existir medianeras en el mismo.
- La identificación de las zonas comunes sólo es necesaria a efectos de conocer las exigencias de absorción acústica aplicables a dichas zonas. (Desarrollado en el apartado de acondicionamiento acústico de dicho proyecto).

A efectos de aislamiento acústico, las zonas comunes que no pertenezcan a una unidad de uso se consideran un recinto habitable.

A continuación se expone los valores límite de aislamiento, tanto a ruido aéreo como de impacto, según normativa.

Valores límite de aislamiento acústico a ruido aéreo.

Se expresan a continuación los valores límite de tanto los elementos constructivos interiores de separación, así como las fachadas, las cubiertas, las medianerías y los suelos en contacto con el aire exterior que conforman cada recinto de un edificio, que deben tener con respecto a los elementos constructivos adyacentes.

RECINTOS PROTEGIDOS.

Protección frente al ruido generado en recintos no pertenecientes a la misma unidad de uso:

- Entre un recinto protegido y cualquier otro recinto habitable o protegido del edificio no pertenecientes a la misma unidad de uso y que no sea recinto de instalaciones o de actividad, siempre que no compartan puertas o ventanas. $D_{nT,A} \geq 50$ dBA.
- Cuando si comparten puertas o ventanas*.
 - R_A de la puerta o ventana: $R_A \geq 30$ d BA
 - R_A del cerramiento: $R_A \geq 50$ d BA

*El DB-HR sustituye la exigencia de aislamiento entre recintos $D_{nT,A}$, por un índice de reducción acústica ponderado, R_A , obtenido en laboratorio, para elementos de separación vertical con puertas o ventanas dispuestas entre un recinto de una unidad de uso y cualquier otro recinto del edificio, que no pertenezca a la unidad de uso y no sea de instalaciones o de actividad.

Protección frente al ruido generado en recintos de instalaciones y en recintos de actividad:

- Entre un recinto protegido y un recinto de instalaciones o en un recinto de actividad será $D_{nT,A} \geq 55$ d BA

Protección frente al ruido procedente del exterior:

- En cuanto a la protección al ruido procedente del exterior, el aislamiento acústico a ruido aéreo, $D_{2m,nT,Atr}$, entre un recinto protegido y el exterior no será menor que los valores indicados por este Documento Básico, en función del uso del edificio y de los valores del índice de ruido día, L_d , definido en el Anexo I del Real Decreto 1513/2005 de 16 de diciembre, de la zona donde se ubique el edificio. Según se ha especificado en el apartado de datos previos:

Fachada 1-3 y la totalidad de las cubiertas existentes:

Recintos protegidos aula ≥ 32 dBA

Recintos protegido estancia (despacho, sala polivalente, sala profesores) ≥ 37 dBA

Fachada 2:

Recintos protegidos aula ≥ 30 dBA

Recintos protegido estancia (despacho, sala polivalente, sala profesores) ≥ 32 dBA

Fachada 4:

Los recintos que colindan con esta fachada son habitables por lo que no tiene que cumplir tal exigencia.

RECINTOS HABITABLES.

Protección frente al ruido generado en recintos no pertenecientes a la misma unidad de uso:

- Entre un recinto habitable y cualquier otro recinto habitable o protegido del edificio no perteneciente a la misma unidad de uso y que no sea recinto de instalaciones o de actividad, siempre que no compartan puertas o ventanas. $D_{nT,A} \geq 45$ d BA.
- Cuando si comparten puertas o ventanas.
 - R_A de la puerta o ventana: $R_A \geq 20$ d BA
 - R_A del cerramiento: $R_A \geq 50$ d BA

Protección frente al ruido generado en recintos de instalaciones y en recintos de actividad:

- Entre un recinto habitable y un recinto de instalaciones, o en un recinto de actividad, siempre que no compartan puertas será $D_{nT,A} \geq 45$ d BA.
- Cuando si comparten puertas o ventanas.
 - R_A de la puerta o ventana: $R_A \geq 30$ d BA
 - R_A del cerramiento: $R_A \geq 50$ d BA

Valores límite de aislamiento acústico a ruido de impactos.**RECINTOS PROTEGIDOS.**

Protección frente al ruido procedente generado en recintos no pertenecientes a la misma unidad de uso.

- En un recinto protegido colindante vertical, horizontalmente o que tenga una arista en común con cualquier otro recinto habitable o protegido del edificio, no perteneciente a la misma unidad de uso y que no sea recinto de instalaciones o de actividad será $L'_{nT,w} \leq 65$ d B. Esta exigencia no es de aplicación en el caso de recintos protegidos colindantes horizontalmente con una escalera.

Protección frente al ruido generado en recintos de instalaciones o en recintos de actividad:

- En un recinto protegido colindante vertical, horizontalmente o que tenga una arista horizontal común con un recinto de actividad o con un recinto de instalaciones será $L'_{nT,w} \leq 60$ d B.

RECINTOS HABITABLES.

Protección frente al ruido generado de recintos de instalaciones o en recintos de actividad:

- En un recinto habitable colindante vertical, horizontalmente o que tenga una arista horizontal en común con un recinto de actividad o con un recinto de instalaciones será $L'_{nT,w} \leq 60$ d B.

Las exigencias de aislamiento a ruido de impacto, no son de aplicación en recintos habitables, sin embargo, si lo son para los recintos protegidos, excepto si son colindantes con una caja de escaleras.

A modo resumen se muestra la siguiente tabla, donde se presentan las exigencias que deben cumplir las soluciones constructivas que componen el edificio, para obtener un aislamiento acústico óptimo.

Exigencias de aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos.

Otros recintos del edificio:

RECINTO EMISOR	RECINTO RECEPTOR	
EXTERIOR A LA UNIDAD DE USO	RECINTO DE UNA UNIDAD DE USO	
Si ambos recintos no comparten puertas o ventanas	Protegido DnT,A (dBA)	Habitable DnT,A (dBA)
	50	45
Si comparten puertas	RA Hueco	
	Recinto protegido	Recinto habitable
	30	20
		RA Cerramiento
		50

Recinto de instalaciones o de actividad:

RECINTO EMISOR	RECINTO RECEPTOR	
Si ambos recintos no comparten puertas o ventanas	Protegido DnT,A (dBA)	Habitable DnT,A (dBA)
	55	45
Si comparten puertas	Un recinto de instalaciones no puede acceder directamente a un recinto protegido	RA Hueco
		RA Cerramiento
		30
		50

Exigencias de aislamiento acústico a ruido de impacto entre recintos:

RECINTO EMISOR	RECINTO RECEPTOR	
EXTERIOR A LA UNIDAD DE USO	Protegido L'nt,w (dB)	Habitable L'nt,w (dB)
	65	—
otros recintos del edificio		

RECINTO EMISOR	RECINTO RECEPTOR	
Instalaciones o de actividad	Protegido L'nt,w (dB)	Habitable L'nt,w (dB)
	60	60

1.2.4. Elección de la opción de comprobación.

El DB HR contiene dos opciones para calcular el aislamiento acústico:

- La opción simplificada, que contiene tablas con soluciones que dan conformidad a las exigencias de aislamiento acústico a ruido aéreo y de impactos.
- La opción general, que consiste en un método de cálculo basado en el modelo simplificado de la norma UNE EN 12354, partes 1, 2 y 3.

Otros modelos de predicción autorizados para el diseño y verificación del aislamiento acústico, a parte de los modelos normativos estatales del CTE DB-HR, son los siguientes:

- Modelos normativos europeos (UNE EN 12354): A través del Modelo simplificado UNE EN 12354, el cual equivale a la Opción general del DB-HR, o a través del Modelo detallado o de ingeniería UNE EN 12354 (por bandas de frecuencia, más complejo pero con mayor precisión).
- “Documentos reconocidos” desarrollados por fabricantes, tales como catálogos, herramientas de diseño, software (Hispalys, Anape, Chova, Ursa, etc.).
- Otros software disponibles en el mercado, tales como Acoubat dBMA, CYPE, Acoubat Sound, Bastian, etc.

De todos ellos elegiremos uno de los que propone el CTE DB-HR, ya que al estar aplicando dicho documento al proyecto, resultaría contradictorio dar cumplimiento con otro modelo de predicción ajeno al mismo.

Por tanto de entre las dos opciones que da, nos decantaremos por la opción simplificada.

Aunque el aislamiento acústico en el edificio depende del conjunto de elementos constructivos que conforman los recintos, (elementos de separación verticales, horizontales, tabiquería, medianerías, fachadas, etc.) ya que a través de ellos se transmite el ruido y las vibraciones entre recintos o entre un recinto y el exterior, la opción simplificada consiste en una serie de tablas individualizadas para cada uno de los diferentes elementos constructivos, donde figuran los valores mínimos de aislamiento acústico de laboratorio (valores que figuran en el CEC) que los elementos constructivos por separado deben cumplir.

La elección de elementos constructivos (tabiquería, elementos de separación verticales, horizontales, medianerías, fachadas y cubiertas) que cumplan los valores de las tablas, satisfacen las exigencias de aislamiento acústico a ruido aéreo y de impactos

simultáneamente, siempre que se cumplan además las condiciones relativas al diseño de los encuentros y a la ejecución que se especifican en apartados siguientes del presente proyecto.

Para la correcta definición de los elementos constructivos en el proyecto de ejecución, es necesario utilizar el Catálogo de Elementos Constructivos o datos de los fabricantes simultáneamente con las tablas de la opción.

1.2.5. Procedimiento de aplicación de la opción:

Los elementos constructivos que intervienen se dividen en:

- Tabiquería.
- Elementos de separación verticales (ESV)
- Elementos de separación horizontales (ESH)
- Fachadas, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior.

Para cada uno de ellos existirá una tabla correspondiente a la opción simplificada, que dará los valores de los parámetros acústicos mínimos que estos han de tener para cumplir con las exigencias de aislamiento acústico a ruido aéreo y de impacto establecidas en normativa.

El método a seguir será el siguiente:

- Buscar el elemento constructivo que más nos interese y sus parámetros acústicos, tanto en el catálogo de elementos constructivos como en datos de fabricantes (decir que nos centramos en términos de acústica, pero que debe de cumplir con las demás exigencias que determina el CTE en su totalidad).
- Comprobar si cumple con los parámetros acústicos mínimo de la tabla.
- Si el valor de los parámetros es superior, cumple con las exigencias de aislamiento impuestas en normativa, si los parámetros son inferiores debe probarse con otras soluciones constructivas.

A continuación se describe cada uno de los elementos constructivos seleccionados.

1.2.6. Definición de los elementos constructivos y comprobación de la solución adoptada.

Se elegirán los materiales según sea su masa por unidad de área, rigidez y amortiguamiento, ya que dichos parámetros son los que condicionan las pérdidas por transmisión (capacidad de una pared para no transmitir las ondas sonoras) que poseen los mismos.

1.2.6.1. Aislamiento a ruido aéreo.

Tabiquería.

Es inexistente en proyecto.

Elementos de separación verticales ESV.

Nos decantaremos a la hora de elegir trasdosados y elementos de separación vertical por las diversas soluciones que ofrecen las placas de yeso laminado.

Entre las ventajas que presentan destacan que consiguen un menor espesor y un aislamiento acústico y térmico muy superior al de los tabiques tradicionales.

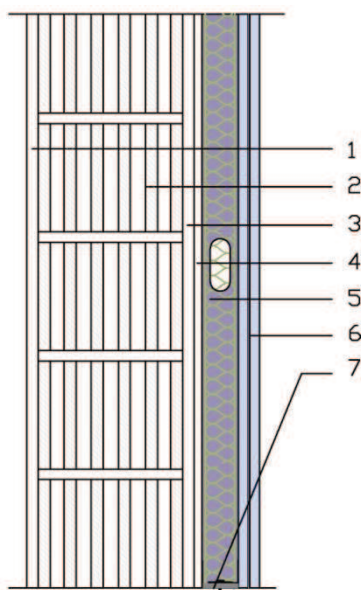
Estos tabiques permiten el paso sencillo y sin rozas de las canalizaciones de las diferentes instalaciones: fontanería, calefacción, electricidad, climatización, etc.

Su montaje es fácil, rápido y bastante limpio, pues apenas se producen escombros y polvo ya que no hay que utilizar mortero, sino únicamente perfiles metálicos y tornillos, lográndose con todo ello una construcción mas organizada.

▪ FACHADA.

Descripción.

Cerramiento de fábrica de 19 cm de espesor, de bloques machihembrados de arcilla aligerada de 30x19x19 cm (termoarcilla) al que se trasdosará una estructura de acero galvanizado de 48 mm de espesor relleno de lana mineral de 40 mm de espesor (con una resistividad al flujo del aire igual a $5 \text{ kPa}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ y con una densidad recomendada de 10 a $70 \text{ kg}/\text{m}^3$) con dos placas de yeso laminado de 12.5 mm del tipo PLACO Phonique o PLACO Marine en zonas húmedas.

Detalle constructivo.

Listado de capas:

1 -	Monocapa.	1.5 cm
2 -	Bloque de Termoarcilla	19 cm
3 -	Enfoscado de mortero	1.5 cm
4 -	Separación 1cm aprox.	1 cm
5 -	Estructura de acero galvanizado de 48 mm rellena de lana mineral de 40 mm.	4.8 cm
6 -	Doble placa de yeso laminado tipo Phonique 12.5 mm de espesor con Proyección sonec CR-211.	2.5 cm
7 -	Junta elástica.	

Espesor total: 30.6 cm

Cumplimiento parámetros mínimos:

Se escoge la fachada más desfavorable, es decir aquella donde $D_{2m,nT,Atr}$ es mayor y donde la zona de huecos es más abundante. Esta es la que envuelve a la sala polivalente.

	Nivel límite exigido	RA,tr parte ciega	RA,tr hueco según %
Proyecto	37	48	37
Exigidas. Tabla 3.4		45	37

Para las demás fachadas se empleará SGG CLIMALIT 8/6/33.1, ya que tiene menos prestaciones acústicas, que SGG CLIMALIT/ SGG CLIMALIT PLUS SILENCE 10/12/44.1, y cumplen las exigencias mínimas que se le piden, abaratando así la ejecución.

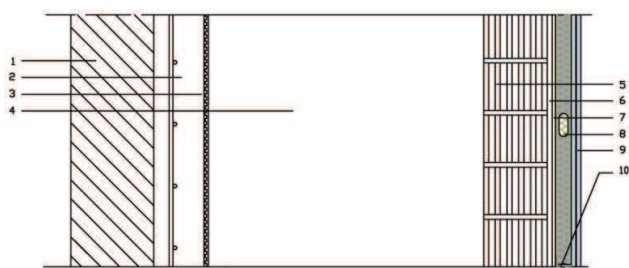
▪ MURO MEDIANERO.

Descripción.

Se verterá una capa de gunitado de protección sobre el terreno y se le colocará una Membrana de poliestireno perforado y geotextil de polipropileno de TEXSA. Se dejará un hueco para el paso de instalaciones y tras él se aplicará la misma solución constructiva que se ha aplicado en la fachada.

Detalle constructivo.

Listado de capas:



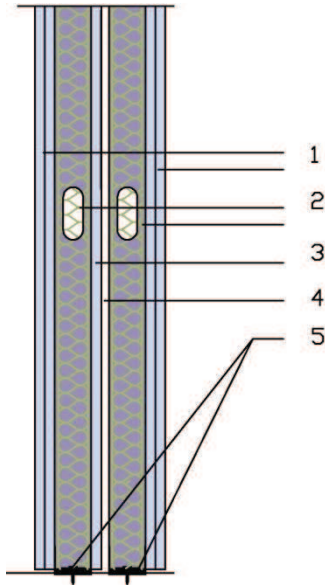
- | | | |
|------|---|--------|
| 1 - | Terreno natural compactado. | - |
| 2 - | Hormigón proyectado gunitado | 15 cm |
| | Mallazo de refuerzo 12c/20cm. | |
| 3 - | Membrana de poliestireno perforado y geotextil de polipropileno TEXSA. | 1.5 cm |
| 4 - | Hueco para instalaciones. | 80 cm |
| 5 - | Bloque termoarcilla. | 19 cm |
| 6 - | Enfoscado de mortero | 1.5 cm |
| 7 - | Separación 1cm aprox. | 1 cm |
| 8 - | Estructura acero galvanizado de 48 mm rellena de lana mineral de 40 mm. | 4.8 cm |
| 9 - | Doble placa de yeso laminado PLACO Phonique o Marine. | 2.5 cm |
| 10 - | Junta elástica. | - |

▪ PARTICIONES INTERIORES.

ELEMENTO SEPARACIÓN AULAS-SALAS DE PROFESORES-SALA POLIVALENTE

Descripción.

Doble placa de yeso laminado tipo PLACO PHONIQUE de 12.5 mm de espesor atornilladas a una estructura de acero galvanizado de 48 mm. rellena de lana mineral de 40 mm de espesor. A éste se le atornillará una placa de yeso laminado de 15 mm. y tras una separación de 1cm se colocará otra estructura de acero galvanizado de 48 mm. rellena de lana mineral de 40 mm de espesor al cual irá atornilladas dos placas de yeso laminado tipo PLACO PHONIQUE de 12.5 cm de espesor.

Detalle constructivo.

Listado de capas:

- | | | |
|-----|--|--------|
| 1 - | Doble placa de yeso laminado tipo Placo Phonique o Marine 12.5 mm | 2.5 cm |
| 2 - | Estructura de acero galvanizado de 48 mm rellena de lana mineral de 40 mm. | 4.8 cm |
| 3 - | Placa de yeso laminado Placo Phonique | 1.5 cm |
| 4 - | Separación 1cm aprox. | 1 cm |
| 5 - | Junta elástica. | - |

Espesor total: 17.1 cm

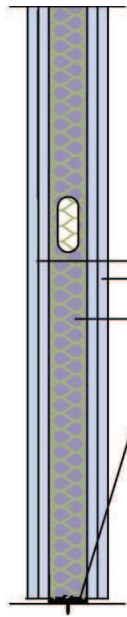
Cumplimiento parámetros mínimos:

A este tipo de elementos que comparten puertas y ventanas, no se les aplican las tablas de la opción simplificada, sino que basta con que cumplan lo siguiente:

	RA hueco	RA cerramiento
Proyecto	36	58
Exigidas Apart.2.1	30	50

*ELEMENTO SEPARACIÓN CUARTO LIMPIEZA, BAÑOS.*Descripción.

Doble placa de yeso laminado tipo PLACO MARINE de 12.5 mm de espesor atornilladas a ambos lados de una estructura de acero galvanizado de 48 mm. rellena de lana mineral de 40 mm de espesor.

Detalle constructivo.

Listado de capas:

1 -	Doble placa de yeso laminado tipo Placo Marine 12.5 mm	2.5 cm
2 -	Estructura de acero galvanizado de 48 mm rellena de lana mineral de 40 mm.	4.8 cm
3 -	Junta elástica.	-
Espesor total:		9.8 cm

Nota: La disposición de los perfiles y la distancia a la que se colocarán los montantes dependerán de las alturas de los recintos para cumplir con los requisitos de montaje de las normas UNE sobre instalación de placas de yeso laminado

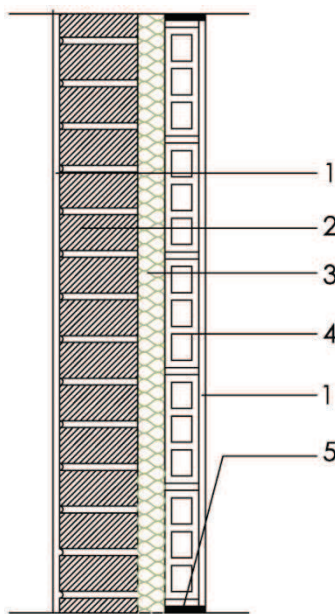
Cumplimiento parámetros mínimos:

A este tipo de elementos que comparten puertas y ventanas, no se les aplican las tablas de la opción simplificada, sino que basta con que cumplan lo siguiente:

	RA hueco	RA cerramiento
Proyecto	36	52
Exigidas Apart.2.1	30	50

*ELEMENTO SEPARACIÓN ASCENSOR*Descripción.

Elemento de separación formado por dos hojas de fábrica con bandas elásticas en la hoja con menor espesor, siendo la primera de $\frac{1}{2}$ pie de ladrillo perforado de 115mm y la segunda de ladrillo hueco simple de 50mm. Entre ambas hojas se colocará lana mineral de 40 mm de espesor. Dicha solución irá revestida por los dos lados con un guarnecido y enlucido de yeso de 15 mm de espesor.

Detalle constructivo.

Listado de capas:

1 -	Guarnecido y enlucido.	1.5 cm
2 -	$\frac{1}{2}$ de ladrillo perforado.	11.5 cm
3 -	Lana mineral de 40 mm.	4.0 cm
4 -	Ladrillo hueco sencillo.	5.0 cm
5 -	Banda elástica.	- cm

Espesor total: 23.5 cm

Cumplimiento parámetros mínimos:

Como se ha especificado anteriormente, se ha elegido un elemento de separación vertical tipo 2 para el cerramiento del ascensor, que al ser tipo mochila y no tener cuarto de máquinas, se considera como un recinto de instalaciones.

	m (kg/m ²)	RA (dBA)
Proyecto	230	62
Exigidas Tabla 3.2	200	61

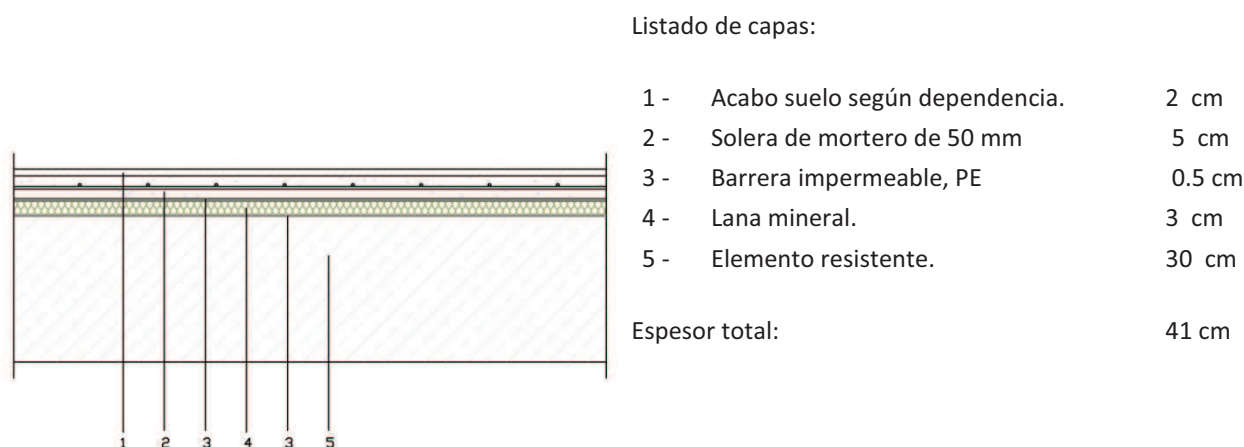
Válida para forjados de $m \geq 300 \text{ kg/m}^2$

Elementos de separación horizontales ESH.▪ **SUELO.**

El suelo del local se aislará a ruido aéreo para no transmitir ruido por vía estructural, dicho aislamiento también nos servirá para prevenir la transmisión de ruido de impacto del local a las salas colindantes.

Descripción

Diferentes tipos de acabado según la zona a tratar + mortero de agarre + solera de mortero de 50 mm de espesor + barrera impermeable PE de 5 mm de espesor + lana mineral de 30 mm de alta densidad + barrera impermeable de 5 mm de espesor + soporte resistente.

Detalle constructivo.

* Dicha solera debe ir armada debido a que tiene que soportar cargas lineales, como los tabiques.

Cumplimiento parámetros mínimos:

Al no existir tabiquería, se podrá elegir el sistema constructivo horizontal que se desee, siempre y cuando los valores mínimos de m y RA del forjado se cumplan simultáneamente.

	m (kg/m ²)	RA (dBA)
Proyecto	369	57
Exigidas Tabla 3.3	350	54

Por lo que el suelo flotante tendrá que cumplir:

	ΔL_W dB	ΔR_A dBA
Proyecto	33	8
Exigidas Tabla 3.3	16	2

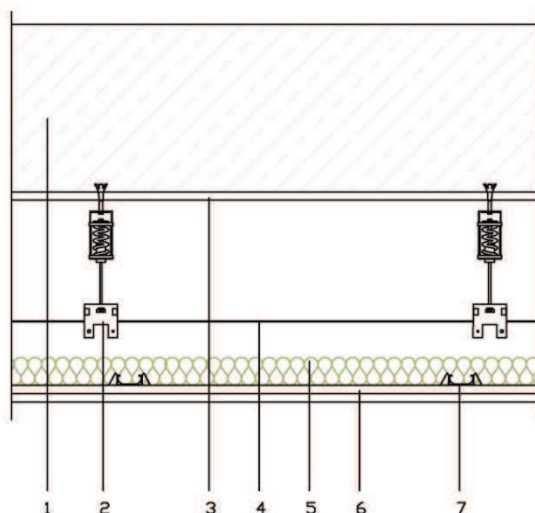
▪ TECHO.

Descripción.

Falso techo acústico amortiguado formado por doble placa de yeso laminado de 12.5 mm de espesor con proyección de Sonec CR-211 intermedia, atornilladas a una estructura primaria Still Prim 100 y secundarios F530, suspendida del forjado mediante amortiguadores metálicos. Relleno de la cámara por paneles de lana mineral de 50 mm de espesor. La cara inferior del forjado se enlucirá con yeso, permitiendo un aumento del índice de reducción acústica, R_A y R_{Atr} , en 2 dBA, y una disminución del nivel global de presión de ruido de impactos, $L_{n,w}$, en 2 dB.

El techo dispondrá de una cámara de aire de 30 cm de espesor y podrá alojar instalaciones. Dicho techo se dispondrá sobre todas las estancias del edificio.

Detalle constructivo.



Listado de capas:

1 -	Elemento resistente. Forjado.	-
2 -	Amortiguador muelle.	-
3 -	Enfoscado de mortero.	1.5 cm
4 -	Still Prim 100	-
5 -	Lana mineral de 50 mm de espesor	5 cm
6 -	Doble placa de yeso laminado tipo Phonique 12.5 mm de espesor.	2.5 cm
7 -	Still F-530	-

Espesor total: 35 cm

Cumplimiento parámetros mínimos:

Al no existir tabiquería, se podrá elegir el sistema constructivo horizontal que se desee, siempre y cuando los valores mínimos de m y R_A del forjado se cumplan simultáneamente.

	m (kg/m ²)	R_A (dBA)
Proyecto	369	57
Exigidas Tabla 3.3	350	54

Por lo que el suelo flotante tendrá que cumplir:

	ΔR_A dBA
Proyecto	7
Exigidas Tabla 3.3	5

1.2.6.2. Aislamiento a ruido de impactos.

El ruido de impacto, como anteriormente se ha comentado, se evita desolidarizando los cerramiento unos con otros, y con los elementos estructurales del edificio. Las medidas correctoras de aislamiento acústico a ruido aéreo han conseguido desolidarizar unos de otros todos los parámetros constructivos, por lo tanto, de este modo, estamos reduciendo el ruido de impacto.

1.2.6.3. Vibraciones.

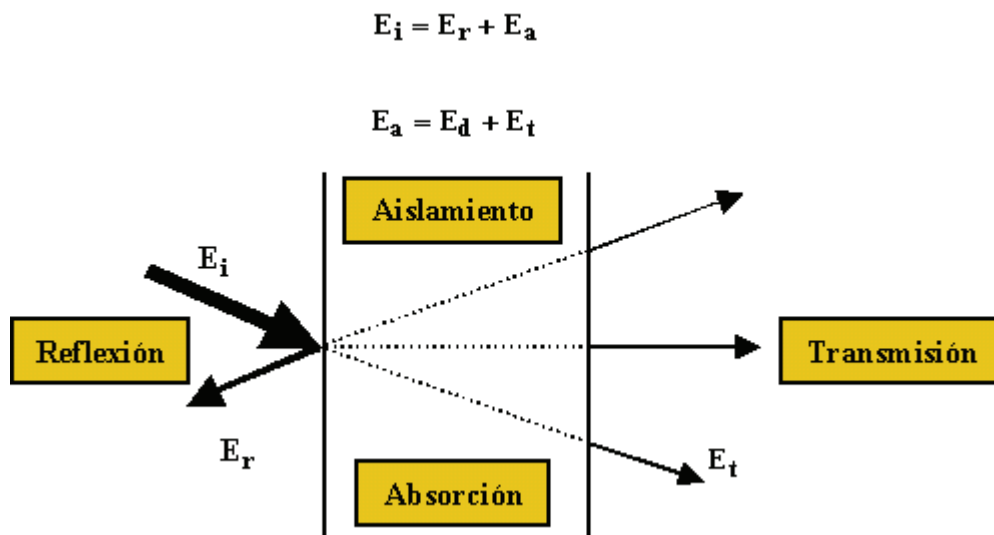
En el capítulo III se expondrá con más detenimiento el aislamiento propio para las vibraciones.

Como hemos visto, todos los elementos constructivos cumplen con las exigencias de aislamiento acústico determinadas. Quedan recogidas, en forma de Anexo II, las fichas justificativas que dan constancia de dicho cumplimiento.

CAPÍTULO II. ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO.

2.1. Introducción.

Cuando una onda sonora choca con las superficies que forman un recinto parte de su energía se refleja originando un incremento de los niveles sonoros en el interior del recinto, parte es absorbida en el propio material desapareciendo su energía en forma de calor y el resto consigue traspasar la pared llegando al recinto contiguo.



De aquí aparecen términos como el acondicionamiento y el aislamiento acústico. Este último ha sido estudiado en el Capítulo I.

El acondicionamiento acústico consiste en la definición de las formas y revestimientos de las superficies interiores de un recinto con objeto de conseguir las condiciones acústicas más adecuadas para el tipo de actividad a la que se haya previsto destinarlo, es decir se centra en la calidad acústica del recinto en cuestión y no en las de recintos colindantes, así como en estudiar el comportamiento del sonido reflejado que es el que convive dentro del mismo.

Decir que, la distribución del sonido dentro de un recinto va a depender de:

- Foco sonoro: Potencia.
- Localización.
- Directividad.
- Forma del recinto.
- Disposición de los elementos absorbentes y reflectantes.

En todo caso serán fundamentalmente los fenómenos de reflexión, que junto con la difusión y difracción son los encargados de distribuir el sonido dentro del recinto.

Estos fenómenos que aparecen, debido a la presencia de elementos como paredes y techos, van a crear un campo reverberante (a diferencia de recintos al aire libre donde no existen elementos que reflejen el sonido) que en todo momento va a acompañar al sonido directo.

Si analizamos dicho campo reverberante en un aspecto temporal se observan básicamente dos zonas, una primera zona que engloba todas aquellas reflexiones que llegan inmediatamente después del sonido directo, y que reciben el nombre de primeras reflexiones y una segunda formada por reflexiones tardías que constituyen la denominada cola reverberante.

Desde un punto de vista práctico, se suele establecer un límite temporal para la zona de primeras reflexiones de aproximadamente 100 ms desde la llegada del sonido directo, aunque dicho valor varía en cada caso concreto en función de la forma y del volumen del recinto.

Las reflexiones que se encuentren después de los 100ms se oirán como repetición del sonido directo creando lo que se denomina eco.

Con el fin de poder cuantificar la reverberación de un recinto, se utiliza un parámetro denominado tiempo de reverberación (fórmula de Sabine) a una frecuencia determinada, que se define como el tiempo que tarda en atenuarse el sonido en 60 dB cuando se interrumpe el foco emisor.

$$RT = \frac{0.161V}{A + 4mV}$$

Como vemos el tiempo de reverberación además de depender del volumen de la sala, también dependen de la frecuencia, que a su vez dependerá de las características absorbentes de los materiales empleados.

Los cálculos de la cantidad de material absorbente necesaria para obtener un tiempo de reverberación específico se pueden efectuar siguiendo la ecuación de Sabine para cada uno de los casos. Pero, estas ecuaciones, aunque proporcionan la cantidad de material necesaria, no estiman el beneficio obtenido con la diferente colocación del material absorbente.

Por esto y más aún en los casos en que las salas no están construidas, se tiende a utilizar cada vez más los métodos de cálculo informáticos basados en trazado de rayos.

El diagrama de rayos es una analogía acústica con la reflexión especular de la luz, donde el ángulo de incidencia del sonido incidente es igual al reflejado y es una buena herramienta para diseño de la forma óptima de la sala.

Basado en este principio existen modelos informáticos, como anteriormente se ha dicho, que en fase de diseño permiten conocer la distribución del sonido dentro del recinto en función de la geometría, colocación de la fuente y disposición de los elementos absorbentes con sus características acústicas de absorción.

Además, ofrecen la posibilidad de cálculo de tiempos de reverberación para diferentes condiciones de la sala y otra serie de análisis acústicos útiles en el diseño acústico.

Volviendo a las propiedades básicas de los materiales con respecto a la energía de las ondas acústicas que chocan contra ellos, destacan: Absorción, reflexión y difusión del sonido.

Estos serán utilizados dependiendo del uso que se le dé a la sala y las propiedades acústicas que se requieran en la misma.

Desde el punto de vista que nos concierne, la propiedad más importante es la de la absorción como mecanismo de acondicionamiento de nuestra sala. Dicha absorción viene producida por:

- Los materiales absorbentes y/o los absorbentes selectivos (resonadores), expresamente colocados sobre determinadas zonas a modo de revestimientos del recinto.
- Todas aquellas superficies límite de la sala susceptibles de entrar en vibración (como por ejemplo, puertas, ventanas y paredes separadoras ligeras).
- El aire.
- Los materiales rígidos y no porosos utilizados en la construcción de las paredes y techo del recinto (como, por ejemplo, el hormigón).

Se procederá a estudiar cada uno de ellos por separado, analizándolos desde el punto de vista del recinto que nos concierne.

Materiales absorbentes y resonadores.

Materiales absorbentes.

La energía no transmitida ni reflejada de la onda incidente que choca contra un obstáculo, es la energía absorbida por el mismo.

Generalmente suelen ser materiales porosos, mediante los cuales la energía penetra en su interior.

La efectividad de un material acústico ante la absorción viene expresado por su coeficiente de absorción denominado α . Teóricamente, este coeficiente puede variar desde 0 (no se absorbe nada de energía) hasta 1 (toda la energía sonora incidente es absorbida).

Hay ensayos en los que el coeficiente supera la unidad, esto es debido a la difracción que sufre la energía sonora, que hace que la superficie efectiva de la muestra de material utilizada para la medida sea mayor que la superficie real. Estos coeficientes se obtienen mediante ensayos en laboratorios, normalmente en cámaras reverberantes, regulados por la normativa UNE-EN ISO 354.

Debido a la gran diferencia de tamaños que presentan las longitudes de onda audibles - desde los 17mm hasta los 17 metros aproximadamente-, los materiales no suelen absorber por igual todas las frecuencias. Por ello el coeficiente de absorción se expresa en función de la frecuencia, ya sea en bandas de octava y/o tercio de octava.

Por lo que el coeficiente de absorción depende del material, de la frecuencia y del ángulo de incidencia.

Los materiales con coeficientes de absorción medios y altos ($> 0,5$) se denominan absorbentes; cuando el coeficiente de absorción es bajo ($< 0,2$) se denominan reflectantes.

Cabe destacar que el comportamiento que sufrirá dicha onda, depende además del coeficiente de absorción, de los siguientes factores:

- Espesor del material. Suponiendo que el material absorbente está colocado delante de una pared rígida y partiendo de que su espesor inicial es D , al aumentar dicho espesor también aumenta la absorción que produce, especialmente a frecuencias bajas y medias.
- Porosidad del material. Suponiendo que el material absorbente está colocado delante de una pared rígida y partiendo de que su espesor inicial es D , al aumentar su porosidad también aumenta la absorción en todas las frecuencias, ya que la penetración de la onda incidente es mayor a medida que se aumenta el grado de porosidad.
- Densidad del material. Si la densidad del material es baja, existen pocas pérdidas por fricción y, en consecuencia, la absorción es pequeña. A medida que la densidad va aumentando, se produce un incremento progresivo de absorción hasta llegar a un valor límite, a partir del cual la absorción disminuye, debido a que existe una menor penetración de la onda sonora en el material, es decir, una mayor reflexión de energía. Desde un punto de vista práctico, es aconsejable que los materiales absorbentes

utilizados en el acondicionamiento acústico de recintos tengan una densidad situada entre, aproximadamente, 40 y 70 Kg/m³, no debiéndose superar en ningún caso los 100 Kg/m³.

- Separación. Un elemento que interviene en la absorción acústica, principalmente en el campo de las bajas frecuencias, es el espesor del volumen de aire existente entre la cara del material y la superficie rígida que lo soporta. Este volumen puede variar desde cero cuando el material se monta directamente sobre el soporte rígido, hasta algunos metros como es en el caso de techos acústicos suspendidos. Es necesaria una anchura de al menos 10 cm para mantener una alta absorción a las bajas frecuencias. Si se pretenden obtener coeficientes de absorción elevados a bajas frecuencias, no es imprescindible hacer uso de materiales muy gruesos.

Basta con utilizar un material con un espesor medio y colocarlo a una cierta distancia de la pared rígida, sabiendo que la máxima absorción se producirá a aquella frecuencia para la cual la distancia “d” del material a la pared sea igual a $\lambda/4$ (en este caso, λ es la longitud de onda del sonido cuando se propaga a través del aire existente entre el material y la pared).

Por lo tanto, para aumentar la absorción a bajas frecuencias, es preciso incrementar la separación entre el material y la pared. De todas formas, dicha mejora se ve contrarrestada por una disminución de absorción a frecuencias más elevadas.

Resonadores.

Para obtener una absorción elevada a frecuencias bajas con objeto de reducir los valores del tiempo de reverberación, es preciso utilizar los llamados absorbentes selectivos o resonadores.

Se trata de elementos que presentan una curva de absorción con un valor máximo a una determinada frecuencia. Dicha frecuencia recibe el nombre de frecuencia de resonancia, y depende de las características tanto físicas como geométricas del resonador. Generalmente, está situada por debajo de los 500 Hz.

Los resonadores pueden utilizarse de forma independiente, o bien, como complemento a los materiales absorbentes. Básicamente, existen los siguientes tipos de resonadores:

- Membrana o diafragmático.
- Simple de cavidad (Helmholtz).
- Múltiple de cavidad (Helmholtz) a base de paneles perforados o ranurados.

- Múltiple de cavidad (Helmholtz) a base de listones.

Absorción de superficies vibrantes.

La presencia en una sala de superficies límite susceptibles de entrar en vibración, como por ejemplo, puertas, ventanas y paredes separadoras ligeras, también da lugar a una cierta absorción que en principio conviene tener presente ya que en una superficie vibrante, una parte de la energía vibracional es radiada hacia el exterior. Aunque en realidad la energía no es disipada, el efecto es equivalente a una verdadera absorción, ya que dicha energía es sustraída de la energía sonora incidente. En este sentido, una ventana abierta puede considerarse como un absorbente muy efectivo, ya que actúa a modo de sumidero de toda la energía sonora incidente.

Cabe destacar que la absorción sólo puede llegar a ser mínimamente significativa a bajas frecuencias, aunque los valores habituales de α son siempre pequeños. A título de ejemplo, el coeficiente de absorción de un cristal de 4 mm de espesor ($M \approx 9 \text{ Kg/m}^2$) a la frecuencia de 125 Hz es únicamente de 0,01.

Absorción del aire.

La absorción producida por el aire es solamente significativa en recintos de grandes dimensiones, a frecuencias relativamente altas ($\geq 2 \text{ kHz}$) y con porcentajes bajos de humedad relativa (del orden de un 10 a un 30%). Dicha absorción se representa por la denominada constante de atenuación del sonido en el aire m .

Absorción de materiales rígidos.

Su efecto es únicamente apreciable cuando no existe ningún material absorbente en el recinto, y este no es el caso.

Por todo lo expuesto anteriormente se observa que es necesario un estudio del campo sonoro creado, con el fin de determinar en qué condiciones ciertos cambios producidos por un recinto en la señal básica, son útiles o perjudiciales, así como determinar qué factores tienen influencia sobre la calidad de la palabra. Este análisis puede realizarse a partir de las teorías que permiten estudiar la acústica de un recinto y que son:

- Teoría estadística. Se considera que las ondas producidas en el interior del recinto son señales aleatorias, por lo que nos permite determinar la energía en cualquier punto del recinto mediante la matemática estadística basada en la teoría de la probabilidad. Si el fenómeno deja de ser aleatorio dicha teoría deja de ser válida.

- Teoría geométrica. Se considera el campo sonoro como una combinación de rayos. Mediante esta teoría se pueden determinar los puntos de incidencia de las ondas sobre las superficies límite del recinto, así como las pérdidas de energía debidas a la absorción sonora de los materiales que cubren las superficies límites del recinto. En general la teoría geométrica estudia las primeras reflexiones que dependen principalmente de las características geométricas del recinto. Esto tiene gran importancia cuando las superficies interiores están recubiertas con materiales de diferentes características absorbentes. Dicha teoría no tiene en cuenta ni la difracción ni la interferencia entre ondas.
- Teoría ondulatoria. Esta teoría se basa en el hecho de que el espacio vacío dentro de un recinto, se comporta como un sistema vibratorio, que se excita por la señal de la fuente sonora. La combinación de ondas incidentes y reflejadas en una sala da lugar a interferencias constructivas y destructivas o, lo que es lo mismo, a la aparición de las denominadas ondas estacionarias o modos propios de la sala. Cada modo propio va asociado a una frecuencia igualmente denominada propia, y está caracterizado por un nivel de presión sonora SPL que varía en función del punto considerado.

El estudio analítico de los modos propios se realiza mediante la denominada acústica ondulatoria.

En la actualidad, se han desarrollado procesos informáticos que permiten el estudio simultáneo de la dirección y distribución en el tiempo y en el espacio de las reflexiones.

- Teoría psicoacústica. Existe la necesidad de que tanto para el que genera la señal, como para el que la recibe, la acústica de un local sea satisfactoria. La calidad sonora de un local, se puede medir a través de unos parámetros psicoacústicos, dichos parámetros incluyen la subjetividad necesaria que se le da a una sala para que cada uno de los presentes obtengan esa buena calidad acústica y dependen de la finalidad que se va a dar al recinto. Algunos de ellos son, calidad de la voz y musical, definición, calidez, brillo, fuerza acústica, eficiencia lateral, intimidad..etc.

Tras dicha introducción se proseguirá al cumplimiento de las condiciones de diseño y dimensionado del *tiempo de reverberación* y de absorción acústica de los *recintos* afectados por esta exigencia, según el DB-HR.

2.2. Objetivo.

Es necesario dotar a cada uno de los habitáculos del edificio de un confort acústico que les lleve a cumplir la función por la cual fueron diseñados.

La función principal del edificio es la transmisión de la palabra, por lo que se busca en cada una de las salas una correcta inteligibilidad de la misma.

Para conseguir un adecuado confort acústico, a la vez que una correcta inteligibilidad, es preciso que:

- el ruido de fondo existente en la sala sea suficientemente bajo,
- el nivel de campo reverberante sea, igualmente, suficientemente bajo,
- no existan ecos, ni focalizaciones del sonido, ni eco flotante.

En base a ello se presentan los valores del tiempo de reverberación, como principal parámetro de calidad acústica, el cual determinará una correcta inteligibilidad de la palabra siempre y cuando el nivel de campo reverberante L_R sea suficientemente bajo.

Se entiende por zona de campo reverberante aquella donde predomina el sonido reflejado o reverberante, y a ella pertenecen todos los puntos situados a una distancia de la fuente sonora superior a la distancia crítica D_c .

Si el espacio objeto de estudio tiene un gran volumen y/o está escasa o nualmente tratado con materiales absorbentes (espacio excesivamente “vivo”), el nivel de campo reverberante resultará muy alto, ya que el tiempo de reverberación del mismo será demasiado elevado.

Ello significa que la distancia crítica D_c será pequeña. Por lo tanto, a poco que uno se aleje de la fuente sonora, se hallará dentro de la zona de campo reverberante donde la inteligibilidad de la palabra no es buena.

Al tratar acústicamente y de forma adecuada el espacio en cuestión, se producirá una disminución del tiempo de reverberación y, por consiguiente, una disminución del nivel de campo reverberante y un aumento de la distancia crítica D_c (más puntos dentro de la zona de campo directo). Lógicamente, todo ello redundará en beneficio del confort acústico y de la inteligibilidad de la palabra.

Con objeto de conseguir que en cada espacio exista un nivel de campo reverberante suficientemente bajo, es necesario que el valor promediado del tiempo de reverberación RT_{mid} , considerando un elevado grado de ocupación del recinto, se halle dentro de unos márgenes.

El DB HR “Protección frente al Ruido”, delimita este valor en:

El tiempo de reverberación en aulas y salas de conferencias vacías (sin ocupación y sin mobiliario), cuyo volumen sea menor que 350 m³, no será mayor que 0,7 s.

Para limitar el ruido reverberante en los pasillos que dan acceso a las aulas el DB-HR estipula lo siguiente:

Los elementos constructivos, los acabados superficiales y los revestimientos que delimitan una zona común de un edificio de uso residencial público, docente y hospitalario colindante con recintos protegidos con los que comparten puertas, tendrán la absorción acústica suficiente de tal manera que el área de absorción acústica equivalente, A, sea al menos 0,2 m² por cada metro cúbico del volumen del recinto.

Resaltar que es conveniente que el RT se mantenga lo más constante posible con respecto a la frecuencia, especialmente a frecuencias bajas (bandas de octava centradas en 125 Hz y 250 Hz), ya que un aumento de reverberación a baja frecuencia produce un empeoramiento del grado de inteligibilidad de la palabra.

La cuantificación del grado de inteligibilidad se lleva a cabo mediante los siguientes dos parámetros:

- %ALCons
- STI / RASTI

En el caso de salas de conferencias/aulas, la inteligibilidad en todos los puntos de la sala ocupada deberá ser, como mínimo, “buena”. Por lo tanto, se deberá verificar que:

$$\%ALCons \leq 5 \% \text{ (STI / RASTI } \geq 0,65)$$

El último requerimiento para que tanto el confort acústico como el grado de inteligibilidad en una sala sean correctos, consiste en evitar la aparición de ecos, focalizaciones del sonido y eco flotante.

Si bien la existencia de focalizaciones y de eco flotante viene generalmente determinada por las formas del recinto, la presencia de ecos puede ser debida a una geometría inadecuada.

Este tipo de anomalías se pone especialmente de manifiesto cuando el tiempo de reverberación del recinto es más bien corto. Se muestran a continuación una serie de criterios prácticos para prevenir o eliminar ecos y focalizaciones.

- Ecos.
 - Colocar material absorbente por delante de las superficies conflictivas. En cualquier caso, conviene evitar la utilización de grandes cantidades de absorción, ya que ello podría suponer una disminución excesiva del tiempo de reverberación.
 - Dar una forma convexa a las superficies conflictivas.
 - Reorientar las superficies conflictivas a fin de redirigir el sonido reflejado hacia otras zonas no problemáticas.
- Focalizaciones del sonido
 - En cuanto a la prevención de focalizaciones, habrá que evitar las formas cóncavas en las paredes del recinto, así como la existencia de techos en forma de cúpula.
- Eco flotante
 - La solución evidente para prevenir la aparición de eco flotante consiste en evitar la existencia de grandes paredes paralelas reflectantes en cualquier zona del recinto, a base de dar una pequeña inclinación (del orden de 5°) a una de las dos paredes. Otra posible solución, aunque menos efectiva, consiste en aplicar un tratamiento absorbente, al menos sobre una de las dos paredes conflictivas.

Decir que el edificio se encuentra ya definido en cuanto a su geometría inicial, por tanto el diseño de acondicionamiento vendrá a manos de los materiales que serán utilizados en el revestimiento de cada uno de los paramentos (trasdosados, suelos flotantes o techos suspendidos).

Todo ello se realizará teniendo en cuenta la viabilidad técnico- económica de la propuesta, en función de la relación efectividad-coste.

2.3. Metodología aplicada.

Una vez conocido o fijado el volumen del espacio en cuestión, es preciso definir las superficies que deberán ser tratadas acústicamente y los materiales absorbentes a utilizar a fin de que el tiempo de reverberación medio RT_{mid} , se halle dentro de los márgenes establecidos.

Existen dos tipos de fórmulas:

- La fórmula de Sabine

$$TR = \frac{0.161V}{A + 4mV}$$

- La fórmula de Eyring.

$$TR = \frac{0.162V}{-S \ln(1 - \bar{\alpha})}$$

Para poder elegir entre las dos fórmulas se calculará el coeficiente de absorción media α , que es la relación entre la superficie total S y la superficie de absorción equivalente A.

- Si $\bar{\alpha} > 0.2$ el método utilizado será el de Eyring.

- Si $\bar{\alpha} < 0.2$ el método utilizado será el de Sabine.

Por lo que la fórmula a emplear para el cálculo de los TR, en nuestro caso será la de Sabine completa:

$$TR = \frac{0.161V}{A + 4mV}$$

Donde:

A= Absorción total del recinto. $\sum S \cdot \alpha_{med} + A_p$ (o A_s)

S= superficie del elemento constructivo.

α_{med} = coeficiente de absorción de la superficie del elemento constructivo.

V = volumen del recinto.

A_p = absorción total del público.

A_s = absorción total de las sillas.

$4mV$ = absorción producida por el aire.

Decir que la absorción producida por el aire ($4mV$) no se tendrá en cuenta por no superar los $250m^2$ de superficie en ninguna de las salas a tratar, al igual que tampoco se tendrá en cuenta A_p ni A_s , por estudiarse las salas totalmente vacías.

Por lo que la fórmula a utilizar será:

$$RT = \frac{0.161V}{A} \quad (\text{en s})$$

Por un lado se procederá al cálculo del tiempo de reverberación en las aulas y por otro a la absorción acústica de los pasillos, siendo ambos los únicos aspectos a estudiar que determina la normativa.

2.3.1. Cálculo del tiempo de reverberación en las aulas.

El proceso de cálculo para saber si el TR se encuentra dentro de los límites establecidos por el DB-HR en aulas será el siguiente:

- a) Definir cuáles son las superficies a tratar. En principio, con independencia de la tipología considerada, las superficies óptimas son el techo (o falso techo).
- b) Asignar a las superficies elegidas los materiales absorbentes que se utilizarán como revestimientos y determinar su coeficiente de absorción en las frecuencias de 500 Hz, 1kHz y 2kHz, tanto de las zonas absorbentes como de las zonas con materiales reflectantes.

A la hora de realizar los cálculos se utilizará $\alpha_{\text{med}} = (\alpha_{500 \text{ Hz}} + \alpha_{1\text{kHz}} + \alpha_{2\text{kHz}})/3$

- c) Calcular, mediante la fórmula de Sabine, expuesta anteriormente, los valores de los tiempos de reverberación.

Se da por válida la utilización de la fórmula de Sabine, ya que el recinto tiene las siguientes características:

- Geometría regular de la sala.
- Coeficiente medio de absorción $\bar{\alpha}$ inferior a, aproximadamente, 0,4.

- d) En el caso de que el valor calculado de TR esté situado dentro de los márgenes preestablecidos, el proceso de elección de materiales habrá finalizado. En caso contrario, habrá que introducir las modificaciones oportunas hasta lograr el objetivo planteado.

Si el valor de TR es demasiado alto, habrá que cambiar uno o varios de los materiales propuestos, por otros más absorbentes. Otra posibilidad consiste en tratar más superficies de las inicialmente previstas.

Si, por contra, dicho valor está por debajo del recomendado, entonces habrá que actuar en sentido contrario, es decir, habrá que utilizar materiales con una absorción menor o, alternativamente, disminuir el número de superficies tratadas.

- e) Para ello nos ayudaremos de tablas Excel que agilicen el trabajo a realizar.

- f) Se repetirá el proceso para cada una de las dependencias del edificio.

Cabe indicar que el procedimiento de cálculo anterior es aproximado, ya que su valor es independiente de la posición del receptor (ello es consecuencia la fórmula surge exclusivamente de la aplicación de la acústica estadística) y además, sólo es válido en condiciones de campo difuso (la propagación del sonido en el recinto es equiprobable en cualquier dirección), sin embargo, se presenta como un buen aliado para ver el comportamiento de diferentes materiales, y ayudar en la elección del más adecuado.

Para obtener unos resultados más exactos, es indispensable hacer uso de un programa de simulación acústica.

Aunque en nuestro caso no es obligatorio realizar un estudio especial en cuanto al diseño para el acondicionamiento acústico, debido a que ninguna de las salas tienen un volumen mayor que 350m^3 , a modo orientativo se hará una simulación acústica con el programa CATT ACOUSTIC, con la sala polivalente, por ser la de mayor tamaño, para determinar qué pasos se han de seguir en el caso de que esto fuera obligatorio.

Todo ello queda recogido en el anexo III del presente proyecto.

2.3.2. Cálculo de la absorción acústica en los pasillos.

El proceso de cálculo para saber si la absorción acústica se encuentra dentro de los límites establecidos por el DB-HR en los pasillos que dan acceso al aula será el siguiente:

- Definir cuáles son las superficies a tratar. En este caso será el techo.
- Asignar a las superficies elegidas los materiales absorbentes que se utilizarán como revestimientos y determinar su coeficiente de absorción en las frecuencias de 500 Hz, 1kHz y 2kHz, tanto de las zonas absorbentes como de las zonas con materiales reflectantes.

A la hora de realizar los cálculos se utilizará $\alpha_{\text{med}} = (\alpha_{500\text{ Hz}} + \alpha_{1\text{ kHz}} + \alpha_{2\text{ kHz}})/3$

- Obtienes la absorción acústica del recinto. $\cdot \sum S \cdot \alpha_{\text{med}}$ (de cada uno de los elementos que tengan diferente coeficiente de absorción, por estar constituidos por un material distinto).
- Debe verificarse que la absorción del recinto, es decir la propuesta en el proyecto, es mayor o igual a la requerida. (la absorción requerida es la que establece el DB-RH, debe ser al menos 0.2 m^2 por metro cúbico de volumen de recinto).

- e) Esto se realiza en cada zona común que sea diferente en forma, tamaño o elementos constructivos.
- f) Al igual que el TR en las aulas, nos ayudaremos de unas tablas Excel para el cálculo de la absorción en los pasillos.

2.4. Materiales de acabado interiores elegidos

Los materiales de acabado interiores elegidos tras el estudio del tiempo de reverberación en cada una de las zonas de actuación son los siguientes, con unas características acústicas determinadas expuestas en el pliego de condiciones:

Paredes:

Acabado placas de yeso laminado tipo PLACO Phonique.

Techo:

Techo continuo fonoabsorbente fabricado en base a Placa de Yeso Laminado, con perforaciones realizadas mediante punzonado, comúnmente conocido como GYPTONE QUATTRO 41.

Suelo:

Aulas-Sala polivalente- despacho de profesores. Armstrong DLW Marmorette LPX 2,5. Pavimento de linóleo de la marca Armstrong modelo Marmorette LPX, de 2,5 mm. de espesor, homogéneo, antiestático, calandrado y compactado, teñido en masa con diseño marmoleado no direccional, compuesto exclusivamente por aceite de linaza, harina de madera, partículas de corcho en elevado porcentaje que mejoren su aislamiento térmico y absorción acústica, resinas y pigmentos colorantes naturales y yute natural.

Pasillo. Acabado en Mármol blanco de Macael 80x40 cm. y 2 cm. de espesor, acabado pulido, recibidas con mortero M-4 (1:6), con un nivelado con capa de arena de 3 cm. de espesor medio.

Puertas:

Puerta Acústica RS6, de la compañía ACÚSTICA INTEGRAL con un aislamiento acústico $R_w = 38$ dB y 69mm de espesor, marco y hoja de chapa galvanizada rellenos de materiales fonoabsorbentes. Burlete perimetral de goma esponjosa negra y junta intumescente. Cierre de presión mediante leva interior y manilla de aluminio macizo en ambas caras.

Ventanas:

Vidrio SGG CLIMALIT SILENCE 8/6/33.1, SGG CLIMALIT/ SGG CLIMALIT PLUS SILENCE 10/12/44.1

Se da por concluido el capítulo, con la siguiente tabla resumen que recogen los tiempos de reverberación y los coeficientes de absorción. Las fichas justificativas se adjuntan al proyecto en forma de anexo III.

TABLA RESUMEN CON LOS RESULTADOS DE LA ABSORCIÓN Y EL TIEMPO DE REVERBERACIÓN.

Dependencia.	TR_{exigido}	$TR_{\text{obtenido.}}$	$TR_{\text{exigido}} \geq TR_{\text{obtenido.}}$
Aula 1.	$T \leq 0.7s$	0.60s	Cumple
Sala polivalente.	$T \leq 0.7s$	0.64s	Cumple
Aula 2.	$T \leq 0.7s$	0.63s	Cumple
Aula 3.	$T \leq 0.7s$	0.61s	Cumple
Aula 4.	$T \leq 0.7s$	0.63s	Cumple
Aula 5.	$T \leq 0.7s$	0.63s	Cumple

Dependencia.	$A_{\text{requerida}}=0.2xV$	A_{obtenida}	$A_{\text{obtenida}} \geq A_{\text{requerida}}$
Hall	11.52 m ²	15.08 m ²	Cumple
Sala de espera	20.73 m ²	26.63m ²	Cumple
Pasillo planta primera	5.63 m ²	8.32 m ²	Cumple
Pasillo planta segunda	11.08m ²	14.78m ²	Cumple

CAPÍTULO III. RUIDO Y VIBRACIONES DE LAS INSTALACIONES.

3.1. Introducción.

Además de satisfacer los objetivos de protección frente al ruido de los elementos constructivos que conforman los recintos del edificio, se deben cumplir los requisitos básicos encaminados a la reducción de la transmisión de ruidos y vibraciones en las instalaciones propias del edificio.

Debido a que la adopción de medidas correctoras resulta sumamente complicada una vez llevada a cabo la instalación, es fundamental una adecuada planificación de las mismas en fase de proyecto.

Se empleará como normativa de referencia el DB-HR Protección frente al Ruido, con el objetivo de que se cumplan las especificaciones referentes al ruido y las vibraciones, así como las condiciones exigibles en las instalaciones del edificio dispuestas en dicho documento.

El ruido y las vibraciones de las instalaciones serán estudiadas desde dos vertientes distintas:

- Desde la construcción. Especificando la forma de montaje de las instalaciones, incidiendo especialmente en los puntos de anclaje y sujeción de los equipos y conductos al edificio.
- Desde la elección de equipos y el diseño de las instalaciones. Se trata de limitar la potencia acústica de los equipos, de tal forma que el ruido transmitido a los recintos colindantes no supere los niveles de inmisión establecidos en la Ley 37/2003 del Ruido. Los niveles de inmisión deben cumplirse en:

- En los recintos colindantes a los recintos de instalaciones.
- En el entorno del edificio y en los recintos habitables y protegidos, cuando los equipos estén situados en la cubierta o en las zonas exteriores al edificio.

Es por ello que los suministradores de los equipos y productos utilizados en las instalaciones, se ven obligados a incluir en la documentación de los mismos, los valores de las magnitudes que caracterizan los ruidos y las vibraciones procedentes de dichas instalaciones:

1. el nivel de potencia acústica, LW , de equipos que producen *ruidos estacionarios*;
2. la rigidez dinámica, s' , y la carga máxima, m , de los lechos elásticos utilizados en las bancadas de inercia;
3. el amortiguamiento, C , la transmisibilidad, τ , y la carga máxima, m , de los sistemas antivibratorios puntuales utilizados en el aislamiento de maquinaria y conductos;

4. el coeficiente de absorción acústica, α , de los productos absorbentes utilizados en conductos de ventilación y aire acondicionado;
5. La atenuación de conductos prefabricados, expresada como pérdida por inserción, D, y la atenuación total de los silenciadores que estén interpuestos en conductos, o empotrados en *fachadas* o en otros elementos constructivos.

Especificar que el DB HR da una serie de reglas de montaje generales encaminadas a prevenir la transmisión de ruidos y vibraciones desde las instalaciones al edificio. Estas reglas se dividen en:

- Condiciones de montaje de los equipos generadores de ruido estacionario, es decir, grupo de presión, calderas, quemadores, maquinaria de ascensores, grupos electrógenos, extractores etc..
- Condiciones de las conducciones y equipamiento:
 - I. Redes hidráulicas.
 - II. Aire acondicionado
 - III. Ventilación
 - IV. Eliminación de residuos
 - V. Ascensores y montacargas.

Estas reglas quedan desarrolladas en los apartados siguientes, las cuales quedan complementadas con otras reglas que determina la experiencia práctica.

3.1.1. Condiciones de montaje de los equipos generadores de ruido estacionario.

No se han descrito equipos generadores de ruido estacionario en proyecto, excepto la maquinaria del ascensor que será descrita en el apartado siguiente más detalladamente.

3.1.2. Condiciones de las conducciones y equipamiento.

En este apartado se disponen condiciones y especificaciones sobre la ejecución de distintos tipos de instalaciones que pudiera tener el edificio en fase de proyecto. Como es el caso de instalación eléctrica, saneamiento, fontanería, sistemas de climatización y ventilación.

Como normas generales previas, sobre encuentros entre los distintos elementos constructivos que envuelven el edificio destacan las siguientes:

- En todos los casos en los que se adose un conducto de instalaciones a un elemento de separación vertical, se revestirá con algún elemento elástico absorbente, de tal forma que no disminuya el aislamiento acústico del elemento de separación y se garantice la “continuidad” del sistema constructivo.
- Cuando un conducto de instalaciones, por ejemplo, los conductos de instalaciones hidráulicas, de fontanería o de ventilación, atraviese un elemento de separación horizontal, se recubrirá con algún elemento aislante y se sellarán las holguras de los huecos efectuados en el forjado para paso del conducto con un material elástico (por ejemplo, espuma de poliestireno) que impida el paso de vibraciones a la estructura del edificio.
- No debe existir contacto directo entre el suelo flotante y los conductos de instalaciones que discurran bajo el mismo. Si existiera esta situación se deberán revestir los conductos de un material elástico.
- Bajo ningún concepto se podrá manipular el aislamiento acústico, durante el proceso de instalación.

A continuación se describen por separado, las condiciones de las condiciones y equipamientos que intervienen en el presente proyecto.

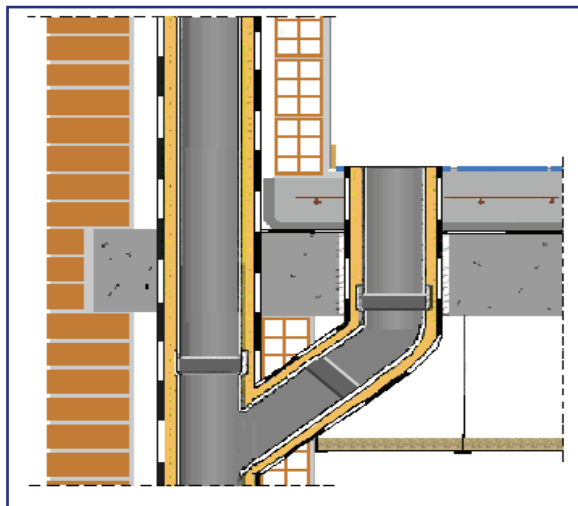
3.2. Instalaciones del edificio.

3.2.1. Hidráulica.

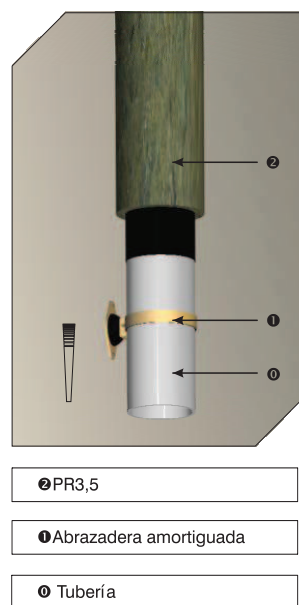
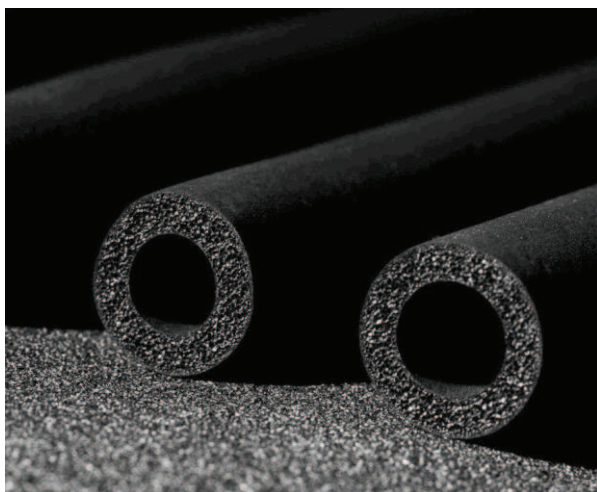
El DB HR propone las siguientes medidas para prevenir o disminuir el ruido y las vibraciones en las instalaciones hidráulicas:

- Las conducciones colectivas del edificio deberán ir tratadas con el fin de no provocar molestias en los *recintos habitables o protegidos* adyacentes.
- En el paso de las tuberías a través de los elementos constructivos se utilizarán sistemas antivibratorios tales como manguitos elásticos estancos, coquillas, pasamuros estancos y abrazaderas desolidarizadoras.

- El anclaje de tuberías colectivas se realizará a elementos constructivos de masa por unidad de superficie mayor que 150 kg/m².
 - En los cuartos húmedos en los que la instalación de evacuación de aguas esté descolgada del forjado, debe instalarse un techo suspendido con un material absorbente acústico en la cámara.
 - La velocidad de circulación del agua se limitará a 1 m/s en las tuberías de calefacción y los radiadores de las viviendas.
 - La grifería situada dentro de los *recintos habitables* será de Grupo II como mínimo, según la clasificación de UNE EN 200.
 - Se evitará el uso de cisternas elevadas de descarga a través de tuberías y de grifos de llenado de cisternas de descarga al aire.
 - No deben apoyarse los radiadores en el pavimento y fijarse a la pared simultáneamente, salvo que la pared esté apoyada en el suelo flotante.
- Saneamiento.
- Bajantes. Los ruidos mecánicos en las bajantes se producen por rozamiento del agua. Estos ruidos tienen poco contenido energético a bajas frecuencias, y la transmisión se debe fundamentalmente al hecho de estar las instalaciones solidariamente unidas a los materiales de obra. Esto combinado a que las frecuencias que produce son radiadas más fácilmente y que se sienten con mayor presencia, remarca la enorme importancia de cuidar el aislamiento de estos elementos sobre todo cuando nos encontramos con golpes y cambios de velocidad producidos por codos a 90°.



Por tanto las tuberías que discurran por el suelo o por las particiones verticales estarán revestidas con coquillas de un material elástico, como por ejemplo, coquillas de espuma de polietileno o espuma elastomérica tipo ROCKWOOL o similar, permitiendo una reducción del ruido de hasta 3dBA.



Los colectores de sumideros dispondrán de banda autoadhesiva tipo FONODAN (Son bandas autoadhesivas compuestas por una lámina acústica Danosa de 2 mm de espesor y un polietileno reticulado) disminuyendo el ruido en 17 dBA.



Se utilizarán bajantes insonorizadas tipo RAUPIANO Plus. Este sistema permite reducir el ruido aéreo mediante materiales especiales, cargas fonoabsorbentes y un mayor peso del sistema de tubos.

Cabe destacar que, los tubos de pared gruesa no garantizan necesariamente una mayor protección contra el ruido, de hecho existe el riesgo de que los elementos amortiguantes

de goma queden aplastados a causa del peso excesivo del tubo, anulando por tanto el efecto insonorizante.

Por ello, una protección acústica óptima solo la puede ofrecer un sistema equilibrado en cuanto al peso, en combinación con una técnica de fijación optimizada.

En cuanto al ruido de impactos, esta solución minimiza la transmisión a la pared de la instalación gracias a un elemento de abrazadera especial, compuesto de abrazadera de soporte y abrazadera de fijación aislantes que garantizan la independencia de éstas a los paramentos originales del edificio y de tal modo que la frecuencia de resonancia del conjunto no sea mayor que 30 Hz. Por regla general, es suficiente una fijación con soporte insonorizante por planta.



Evitar en la medida de lo posible los cambios de dirección bruscos a 90°.

- Sanitarios. Colocar elementos desolarizadores evitando los anclajes directos a paramentos comunitarios, y la alimentación que se realice mediante latiguillos flexibles. Se evitará el uso de cisternas elevadas de descarga a través de tuberías y de grifos de llenado de cisternas de descarga al aire.



Si la instalación de evacuación de aguas se descuelga del forjado, se instalará un techo suspendido en el recinto con un material absorbente en la cámara del techo.

▪ Fontanería.

Los sistemas de conducción y evacuación de agua son excelentes transmisores del ruido y las vibraciones generadas por los distintos dispositivos conectados a ellas.

Entre los principales mecanismos de generación de ruido y vibraciones de fontanería destacan:

- La cavitación y el golpe de ariete en los grifos.
- El ruido y vibraciones emitidas por las bombas de circulación y equipos motrices.
- Los procesos de carga, descarga así como el impacto del agua en el caso de los inodoros.

Por todo ello, las tuberías de conducción de agua deberán garantizar sus anclajes independientes de la estructura original su sección y sus elementos necesarios que eviten vibraciones y golpes de ariete, así mismo deberán tener un elemento flexible de acometida del patinillo de instalaciones a las viviendas, aislando las tuberías de los recintos protegidos y de los recintos habitables, así como

en la conexión de los sanitarios. De esta manera evitaremos ruidos producidos por las vibraciones. Importante incluir purgadores.

En el paso de las tuberías a través de los elementos constructivos se utilizarán en todo caso, sistemas antivibratorios tales como manguitos elásticos estancos, coquillas, pasamuros estancos, abrazaderas y suspensiones elásticas.

El anclaje de tuberías se realizará a elementos constructivos de masa por unidad de superficie mayor de 150 kg/m², tales como forjados de hormigón o elementos estructurales verticales de una o dos hojas de fábrica, hormigón o paneles prefabricados pesados.

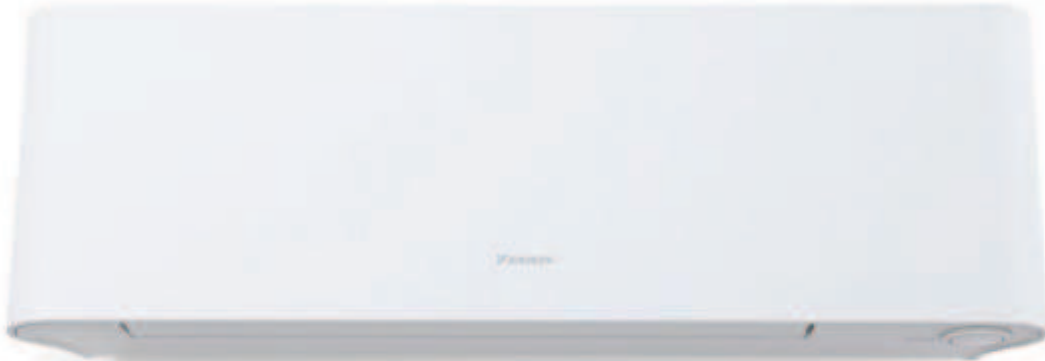


Con respecto a la grifería situada dentro de los recintos habitables será al menos de Grupo II, según la clasificación establecida en la norma UNE EN 200.

3.2.2. Climatización.

La instalación está formada por:

- Unidades de FAN-COILS FTXG 35 JW DE “DAIKIN EMURA”



- Unidad exterior EMRQ8AAY1 “DAIKIN MEGA ALTHERMA”, que resiste hasta 45.000 calorías, cumpliendo así las exigencias que pide el proyecto.



- Conexiones, alimentación eléctrica y desagües. Las unidades interiores y exterior tiene una línea de alimentación de corriente que se preverá en el anexo de electricidad.

El DB HR propone las siguientes medidas para prevenir o disminuir el ruido y las vibraciones en las instalaciones de climatización:

- Los conductos de aire acondicionado deben ser absorbentes acústicos cuando la instalación lo requiera y deben utilizarse silenciadores específicos.
- Se evitará el paso de las vibraciones de los conductos a los elementos constructivos mediante sistemas antivibratorios, tales como abrazaderas, manguitos y suspensiones elásticas.

Además de ello se tendrán en cuenta las siguientes condiciones:

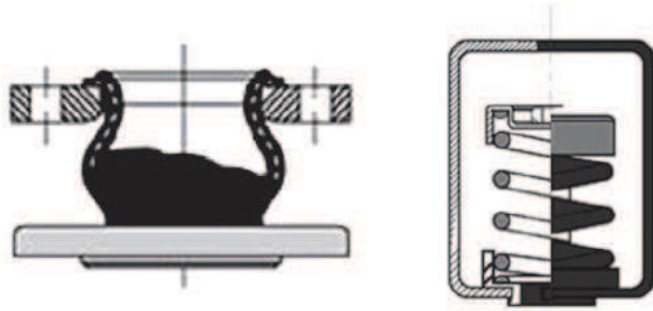
- Los equipos de climatización, se colocarán sobre soportes antivibratorios elásticos, que cumplan con la UNE 100153 IN.



- Se instalarán conectores flexibles a la entrada y a la salida de las tuberías de los equipos.
- Los conductos de aire acondicionado se revestirán de un material absorbente acústico y se utilizarán silenciadores específicos.



- Se utilizarán sistemas antivibratorios como abrazaderas, manguitos o suspensiones elásticas en las uniones de los conductos a los elementos constructivos.



- Se usarán rejillas y difusores terminales.

En cuanto a la colocación de la maquinaria en la cubierta, correspondiente a las unidades exteriores de climatización, se realizará una intervención que constará de un apantallado acústico de la maquinaria con silenciadores en entradas y salidas de aire y un sistema de suspensión calculado específicamente para las dos máquinas. Se evitarán suspensiones complementarias a la general.

Dicho apantallado acústico estará formado por paneles Acustimódul® 80 y perfilería PF80.



Los conductos de ventilación y/o aire acondicionado deberán de discurrir por debajo del techo aislante acústico, para su agarre se utilizarán tornillos autotaladrantes que se anclarán al perfil.

Bajo ningún concepto deberá de agujerearse el techo aislante acústico para el paso de instalaciones de climatización.

A continuación se muestran algunas recomendaciones de más importancia desde el punto de vista acústico.

- El ruido generado en las rejillas de salida depende fuertemente de la velocidad del aire; por ello se aconsejan velocidades inferiores a 2,5 m/s.
- Cuanto mayor sea el ventilador más silencioso será su funcionamiento, ya que generará el mismo caudal de aire a menor velocidad que un ventilador más pequeño.
- Para la distribución de aire en las salas se recomienda el uso de rejillas difusoras de cinco o siete direcciones.
- Deben utilizarse conductos de hierro galvanizado de sección rectangular recubiertos exteriormente por fibra de vidrio, para reducir la transmisión de vibraciones a la estructura del edificio, además de proporcionar aislamiento térmico.
- En los codos de los conductos, las superficies perpendiculares al flujo de aire deben ser redondeadas.
- Se deben utilizar empalmes de goma en los conductos, de tal forma que no exista conexión rígida entre estos, el ventilador y la estructura de la sala.
- En caso de que dos salas compartan un mismo conducto de ventilación se recomienda separar al máximo las salidas de aire y realizar quiebres angulares en estos, con revestimiento absorbente interior, con codos redondeados.
- Se recomienda montar el ventilador sobre una base aislante de vibraciones. Si la frecuencia de oscilación del ventilador (f_d) y la frecuencia natural de la base (f_n) son iguales, aparece el efecto de resonancia y se transmite máxima energía hacia la estructura. Para evitarlo, se debe cumplir que:

$$f_d \geq 2 \cdot f_n$$

En caso de que sea necesario, se puede utilizar un silenciador resonador para reducir el ruido transmitido de los conductos del aire al aula. En estos aparatos es posible regular su longitud L , su sección S y, por tanto, el volumen V de su cavidad de resonancia. Esta regulación sirve para sintonizar la frecuencia de máxima absorción a la frecuencia del ruido.

3.2.3.Ventilación.

El DB HR propone las siguientes medidas para prevenir o disminuir el ruido y las vibraciones en las instalaciones de ventilación:

- Los conductos de extracción que discurran dentro de una unidad de uso deben revestirse con elementos constructivos cuyo índice global de reducción acústica, ponderado A, RA, sea al menos 33 dBA.
- Asimismo, cuando un conducto de ventilación se adose a un elemento de separación vertical se seguirán las especificaciones del apartado 3.1.4.1.2.
- En el caso de que dos unidades de uso colindantes horizontalmente compartieran el mismo conducto colectivo de extracción, se cumplirán las condiciones especificadas en el DB HS3.

Se aislarán todos los conductos y conducciones verticales de ventilación que discurran por recintos habitables y protegidos dentro de una unidad de uso.

Las ventilaciones no forzadas deberán ser independientes y transcurrir por patinillos o huecos debidamente tratados para que no afecten a las demás dependencias y las forzadas además tendrán que colocar elementos amortiguantes en el anclaje o sujeción de los ventiladores o extractores, para evitar transmisión de vibraciones.

Especial atención hay que poner también dónde se sitúan las entradas y salidas de aire procedentes de los cuartos de ventilación, que deben ser conducidas a lugares que no afecten al edificio, y en caso de necesidad, se colocarán en ellas, silenciosos debidamente calculados.

La conexión de las unidades de extracción a los conductos se realizará mediante acoplamientos flexibles para evitar la transmisión de vibraciones desde el ventilador a la red de conductos. Además, estas unidades deberán ir suspendidas del forjado de elementos antivibratorios.

La ventilación de los baños podrá ser forzada y se llevará por el plenum a través de conductos de 10 centímetros de diámetro hasta la cubierta.

Respecto a la colocación de las unidades interiores, deberán instalarse con amortiguación para que esta no produzca vibraciones. Los dispositivos a tal efecto serán adecuados a la maquinaria y zona de colocación.

3.2.4. Eliminación de residuos.

No se da la existencia de eliminación de residuos en el presente proyecto.

3.2.5. Ascensores y montacargas.

El DB HR propone las siguientes medidas para prevenir o disminuir el ruido y las vibraciones en las instalaciones de ascensores y montacargas:

- Los sistemas de tracción de los ascensores y montacargas se anclarán a los sistemas estructurales del edificio mediante elementos amortiguadores de vibraciones. El recinto del ascensor, cuando la maquinaria esté dentro del mismo, se considerará un *recinto de instalaciones* a efectos de aislamiento acústico. Cuando no sea así, los elementos que separan un ascensor de una unidad de uso, deben tener un índice de reducción acústica, RA mayor que 50 dBA.
- Las puertas de acceso al ascensor en los distintos pisos tendrán topes elásticos que aseguren la práctica anulación del impacto contra el marco en las operaciones de cierre.
- El cuadro de mandos, que contiene los relés de arranque y parada, estará montado elásticamente asegurando un aislamiento adecuado de los ruidos de impactos y de las vibraciones.

Las instalaciones de ascensores constituyen una importante fuente de ruido y vibraciones en los edificios, ya que pueden llegar a producir niveles superiores a los 60 dBA en el interior de los habitáculos cercanos a las salas de maquinas. Estas molestias afectan igualmente, aunque en menor medida, a todas las zonas del edificio debido a la apertura y cierre de las puertas, y al propio desplazamiento del ascensor.

El origen del ruido y las vibraciones en el interior del hueco del ascensor electromecánico, es la interacción de las guías con la estructura del edificio a través de los soportes de fijación de las mismas.

El hueco del ascensor actúa como “chimenea acústica” para la transmisión vertical del ruido en el edificio, ello requiere de un adecuado tratamiento acústico (absorbente) a sus paredes interiores, así como una mayor masa superficial de las paredes que lo delimitan (aislamiento).

Para minimizar la transmisión del ruido estructural asociado a la traslación de la cabina, la fijación de las guías debería realizarse sobre los forjados, evitando el anclaje sobre las paredes de los

recintos, ya que al tener estas mayores flexibilidades y generalmente menor masa, actúan como eficaces transmisores/emisores de ruido y vibraciones hacia el interior del edificio.

En la actualidad, existen ascensores que ofrecen una revolución en cuanto al diseño, mecanismos, sistemas de movimiento, ahorro energético, etc.; y sobre todo, reducen las emisiones acústicas, ya que se suprimen los ruidosos cuartos de maquinas.

Estos ascensores están dotados con la tecnología *Gearless*, sin engranajes, lo que supone un importante ahorro energético y la reducción de los costes operacionales, destacando como ventajas las siguientes:

- Estos ascensores, utilizan un sistema único de cintas planas de acero recubiertas de poliuretano, sustituyendo a los cables de tracción convencionales, lo que proporciona un funcionamiento más suave y silencioso.



- Son altamente eficientes y funcionales, con el consiguiente ahorro de superficie útil, libertad de diseño y ahorro constructivo.
- Su máquina sin engranajes y su control de movimiento de frecuencia variable, logran un viaje confortable y una precisión de parada extraordinaria.

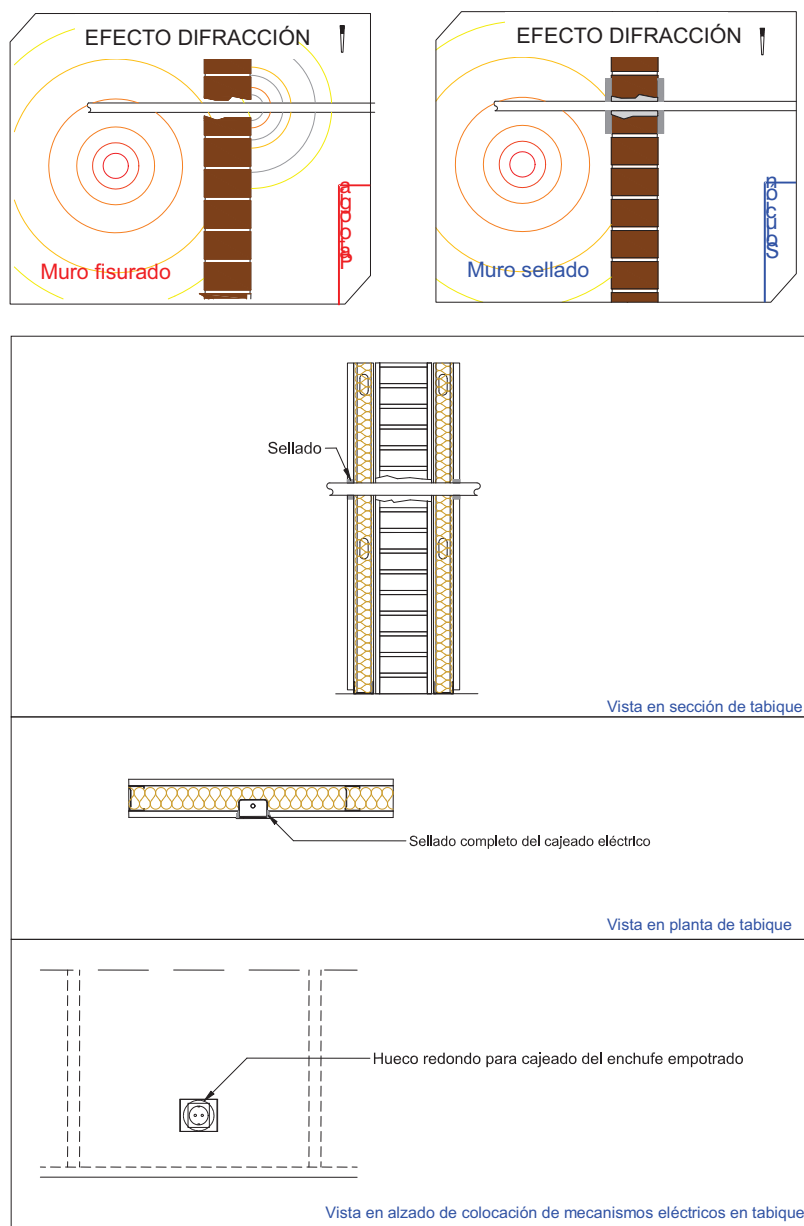
- Ni las cintas, ni la maquina, precisan lubricantes contaminantes, por lo que contribuyen a la protección del Medio Ambiente.
- Al tratarse de cintas planas de acero recubiertas de poliuretano, que interactúan con una polea de tracción que no precisa ranurado, se consigue un menor desgaste y una vida más larga de los componentes.
- Con la máquina situada sobre las guías, las cargas son transferidas al foso, reduciendo así los costes estructurales del edificio.

En el edificio se instala un ascensor eléctrico, modelo GEN2 COMFORT de OTIS, 4 paradas, 450 kg. de carga nominal para un máximo de 6 personas, cabina con paredes en laminado plástico con medio espejo color natural, placa de botonera en acero inoxidable, piso PVC negro, con rodapié, embocadura y pasamanos en acero inoxidable, puerta automática telescópica en cabina y automática en piso, maniobra universal simple, instalado según reglamento de aparatos elevadores, instrucciones técnicas complementarias e instrucciones del fabricante.

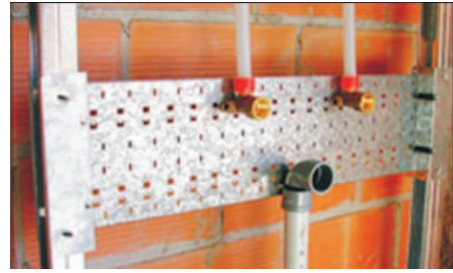
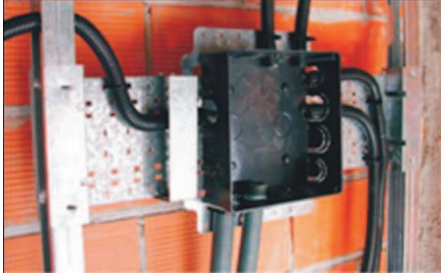
3.2.6. Electricidad.

Con respecto a las condiciones necesarias para una correcta instalación eléctrica en términos acústicos, es importante llevar a cabo las siguientes consideraciones:

- en el proyecto de ejecución, utilizar las zonas comunes y diseñar el paso de estas instalaciones a las diferentes dependencias sin tener que perforar paramentos divisorios en su totalidad, de esta manera evitaremos la pérdida de aislamiento por “fisuración”. Es decir, los enchufes, interruptores y cajas de registro de instalaciones contenidas en los elementos constructivos de separación verticales, no serán pasantes.
- Cuando se dispongan por las dos caras del elemento de separación, no serán coincidentes, excepto si existe entre ambos una hoja de fábrica o una placa de yeso laminado.
- Las juntas entre el elemento de separación vertical y las cajas para mecanismos eléctricos deben ser estancas, para ello se sellarán o se emplearán cajas especiales para mecanismos en el caso de los elementos de separación verticales de entramado autoportante.
- Además, se retacarán con mortero las rozas de tal manera que no se disminuya el aislamiento acústico inicialmente previsto.



El empleo de tabiquería seca (elementos de entramado autoportante o trasdosados con placas de yeso laminado), facilita la distribución de dichas instalaciones por el interior de los sistemas, no sin tener en cuenta el correcto sellado de cajeados de mecanismos para asegurar la estanquidad del sistema. Para la correcta distribución de todas estas instalaciones por el alma del cerramiento (o trasdosado, en su caso), existen una serie de anclajes metálicos que se fijan a la estructura autoportante de acero galvanizado, sobre los cuales se colocará rápida y fácilmente cualquier tipo de instalación. Quedan representados en las siguientes fotografías.



CAPÍTULO IV. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES.

Según DB-HR en el pliego de condiciones del proyecto, en su apartado “pliego de condiciones técnicas particulares” deben aparecer tanto las características acústicas de los productos y elementos constructivos obtenidas mediante ensayos en laboratorio o métodos de cálculo como las condiciones particulares de ejecución de los elementos constructivos.

Todo ello quedará expuesto a continuación.

4.1. Productos de construcción.

Las características que deben reunir los productos, equipos y sistemas que se incorporen a la obra quedarán definidas en el apartado de prescripciones sobre los materiales del pliego de condiciones técnicas particulares.

Dichas características pueden clasificarse según:

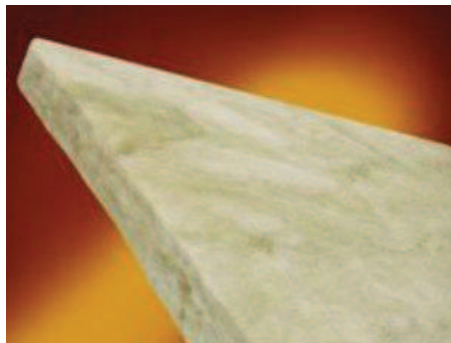
4.1.1. Características exigibles a los productos.

- a) Para productos de relleno de cámaras en elementos de separación:
 - Resistividad al flujo del aire: Es una característica cuantificable en productos porosos y de celda abierta. Valores bajos significan que el aire necesita una menor presión para traspasar el producto, por tanto las ondas acústicas se verán amortiguadas por rozamiento cuando atraviesa el medio poroso absorbiendo parte de la energía y aumentando el aislamiento. Las unidades de la resistividad (r) son kPa s/m^2 obtenida según la Norma UNE EN 29053.
 - Rigidez dinámica: Esta característica mide la capacidad de amortiguación de un producto. Cuanto más bajo es el valor de rigidez dinámica, más elástico es el comportamiento de dicho producto. Por tanto, un producto con un valor bajo de rigidez dinámica tendrá más efectividad el sistema masa-muelle-masa en elementos de separación verticales con PYL. Esta característica es importante para algunas aplicaciones de aislamiento a ruido aéreo. Las unidades de la rigidez dinámica (s') son MN/m^3 obtenida según la Norma UNE-EN 29052-1.

El material elegido como relleno de cámara será Panel de Lana mineral Ursa Terra 45.

Se trata de un panel de lana mineral no hidófila sin revestimiento, suministrada en panel conforme a la norma UNE EN 13162 y cuyas características exigibles son:

- Resistividad al flujo (r) igual a **5 kPa s/m²**.
- Rigidez dinámica (s') inferior a **2.5 MN/m³**



b) Para productos aislantes a ruido de impacto en suelos flotantes y bandas elásticas:

- Rigidez dinámica: Esta característica mide la capacidad de amortiguación de un producto. Cuanto más bajo es el valor de rigidez dinámica, más elástico es el comportamiento del producto. Por tanto, un producto con un valor bajo de rigidez dinámica tendrá más efectividad como sistema masa-muelle-masa en un suelo flotante. Esta característica es importante para aislamiento a ruido de impacto. Las unidades de la rigidez dinámica (s') son MN/m³ obtenida según la Norma UNE-EN 29052-1.
- Para aquellos productos que tengan definida la Clase de compresibilidad en su norma de producto (Norma UNE), es una característica exigible. La compresibilidad mide deformación de un material a lo largo del tiempo bajo una carga constante, como por ejemplo el peso del mortero, baldosas o muebles. En algunas normas de producto se especifican los niveles que deberá declarar el fabricante. Es importante tener en cuenta que los niveles fijados en las normas de producto son diferentes según la familia de productos. Por el contrario existen otros materiales que no teniendo norma de producto, o estando en elaboración, no indican dichos valores, aunque algunos fabricantes han realizado ensayos de reducción de espesor bajo carga constante, de acuerdo a la Norma UNE 1606 y UNE 12431, para demostrar que las propiedades acústicas de sus productos no se ven afectadas al cabo del tiempo.

La base elástica, constituida por planchas, puede ser de distintos materiales, siempre que tengan un modulo bajo de elasticidad dinámico, como lana de roca o fibra de vidrio de alta densidad, polietileno reticulado, espumas de poliuretano aglomerado, poliuretano microcelular, caucho, etc.; que deben protegerse de la humedad que

aporta el mortero de recredido o losa de hormigón sobre ellos. De entre todas las soluciones que oferta el mercado nos decantaremos por:

Producto aislante a ruido de impactos en suelos flotantes.

Lana mineral ARENA PF de alta resistencia a la compresión

Características.

- Rigidez dinámica $S' = 10\text{MN/m}^3$.
- Clase de compresibilidad. CP5



Bandas elásticas.

Las bandas desolidarizadoras TECOFON es un producto fabricado en polietileno espumado, químicamente reticulado

- Espesor mínimo 10MM
- Rigidez dinámica $< 100\text{ MN/M}^3$



c) Productos usados como absorbentes.

- Absorción acústica: Esta característica es importante en materiales que actúan como absorbentes acústicos, ya sean materiales ocultos o vistos. En general, se obtiene mayor efectividad del sistema masa-muelle-masa cuanto más elevado es el coeficiente de absorción acústica. La característica de absorción acústica representa la

cantidad de energía que absorbe el material, por tanto impide la transmisión del ruido de una hoja a otra haciendo que aumente el aislamiento.

En caso de no disponer del valor del coeficiente de absorción acústica medio α_m , podrá utilizarse el valor del coeficiente de absorción acústica ponderado, α_w . Su cálculo se hace de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 354 y la norma UNE-EN ISO 11654.

Se busca como primer objetivo en los materiales una capacidad de absorción elevada en el techo para que ello contribuya a un tiempo de reverberación que se encuentre dentro de los límites establecidos.

Cabe destacar que las características físicas de los materiales determinan sus prestaciones acústicas.

Son tres factores los que influyen: porosidad, espesor y densidad.

- Cuanto más elevada es la porosidad, mayor es la absorción, pero la capacidad para bloquear el sonido es menor.
- Cuando aumenta el espesor del material, la absorción y el aislamiento acústico también aumentan.
- Cuando aumenta la densidad del producto, el aislamiento acústico también aumenta, pero la absorción acústica disminuye

Relación de materiales empleados en el acondicionamiento:

Mármol.

Blanco Macael es un mármol que presenta color blanco dominante, compacto y de grano medio, con presencia ocasional de vetas grisáceas según el corte al hilo o cara-canto. Es un mármol calcítico de grano medio, muy característico por su homogeneidad de color blanco, y la poca presencia de vénulas grises.



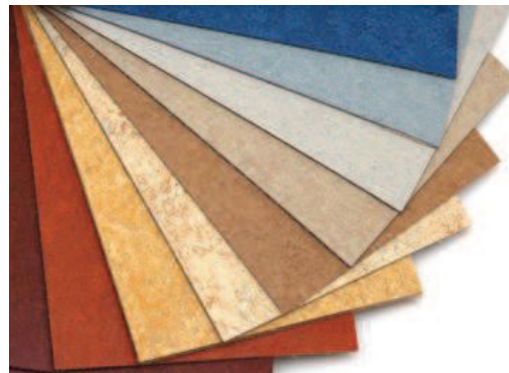
Se presenta con 2 cm de espesor en plaquetas de 80x40cm.

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1k	2k	4k
Absorción	1	1	1	2	2	1

Referencia: Catálogo de elementos constructivos.

Linóleo.

Pavimento de linóleo de la marca ARMSTRONG modelo MARMORETTE LPX, de 2,5 mm. de espesor, con diseño marmoleado no direccional, compuesto exclusivamente por aceite de linaza, harina de madera, partículas de corcho en elevado porcentaje que mejoren su aislamiento térmico y absorción acústica, resinas y pigmentos colorantes naturales y yute natural. Peso total de 2900 gr/m² . Coeficiente dinámico de fricción según EN 13893 Clase DS. Suministrado en rollos de 200 cm de ancho.



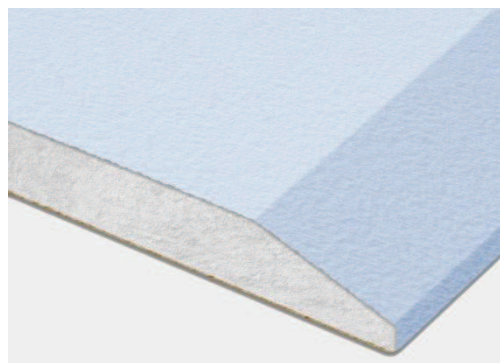
Antibacteriano y fungicida, con tratamiento superficial LPX para facilitar la limpieza e incrementar la resistencia al desgaste y al uso de alcoholes y otros productos químicos.

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1k	2k	4k
Absorción	2	3	3	3	4	4

Referencia: Catálogo de elementos constructivos.

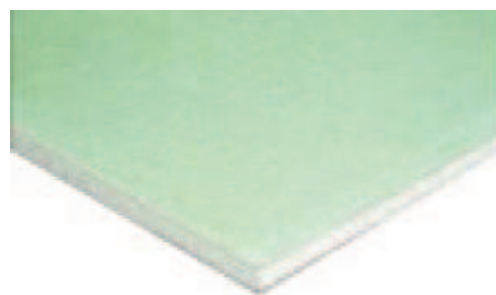
Yeso laminado Placo Phonique o Placomarine.

Placa de yeso laminado con cartón a doble cara y alma de yeso de origen natural, que en su proceso de fabricación es aditivada convenientemente para dotarla de unas mejores prestaciones acústicas. Se fabrica mediante proceso de laminación continuo.



Las construcciones con Placo Phonique permiten reducir el ruido a la mitad; una reducción acústica mayor de 3dB con respecto a la misma construcción realizada con Placo Estándar 13.

Las placas de placomarine, a diferencia de las placo phonique, serán aditivadas convenientemente para reducir la absorción superficial de agua, por ello que se coloquen en lugares húmedos como los baños.



Se presentan en placas de 12.5 mm de espesor, 1.200

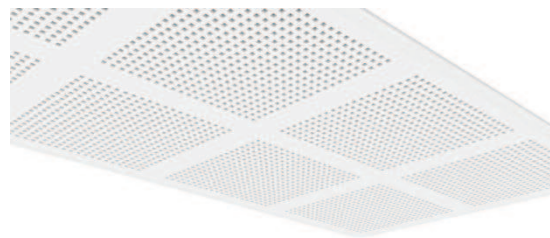
mm de ancho y 2.500 mm de longitud.

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1k	2k	4k
Absorción	31	7	4	6	5	3

Referencia: Catálogo PLACO

Gyptone Quattro 41.

Placa fonoabsorbente para techo continuo fabricada en base a placa de yeso laminado con perforaciones realizadas mediante punzonado y tecnología Activ'Air en su fabricación.



Frecuencia (Hz)	125	250	500	1k	2k	4k
Absorción	50	70	80	70	60	55

Referencia: Catálogo PLACO

Puerta.

Puerta acústica RS6 (Acústica integral) de 69 mm. de espesor, compuesta de marco y hoja metálicos en chapa pulida de 1,2 mm. de espesor, rellena de materiales fonoabsorbentes. Provista de burlete perimetral. Sin marco inferior.



Frecuencia (Hz)	125	250	500	1k	2k	4k
Absorción	1	1	2	2	2	2

Referencia: Catálogo de elementos constructivos.

Ventana.

Doble acristalamiento modelo SGG CLIMALIT SILENCE
8/6/33.1 y SGG CLIMALIT/ SGG CLIMALIT PLUS SILENCE
10/12/44.1 según localización.



Frecuencia (Hz)	125	250	500	1k	2k	4k
Absorción	3.5	4	2.7	3	2	2

Referencia: Catálogo de elementos constructivos.

4.1.2. Características exigibles a los elementos constructivos.**4.1.2.1. Elementos de separación verticales.**FACHADA.

ELEMENTO BASE: Bloques de termoarcilla de 19 (30x19x19 cm) se trata de un bloque de arcilla aligerada, que debido a su diseño (geometría, gran formato, numerosas celdillas), así como la inclusión de macro poros, le confiere muy altas prestaciones en cuanto a aislamiento térmico, acústico, inercia térmica, de resistencia, etc.

- a) el índice global de reducción acústica, R_w , en dB; 49dB
- b) el índice global de reducción acústica, ponderado A, RA , en dBA; 46 dBA
- c) el índice global de reducción acústica, ponderado A, para ruido de automóviles, RA_{tr} , en dBA; 48 dBA
- d) el término de adaptación espectral del índice de reducción acústica para ruido rosa incidente, C , en dB; -3 dB
- e) el término de adaptación espectral del índice de reducción acústica para ruido de automóviles y de aeronaves, C_{tr} , en dB. -1 dB
- f) Masa 215 kg/m²

Referencia: Termoarcilla

TRASDOSADO: Tras él se colocará un trasdosado autoportante, por ser más ligero, económico y poseer un Índice global de reducción acústica mayor que un trasdosado de fábrica de ladrillo. Dicho trasdosado estará compuesto por:

Estructura de acero galvanizado de 48 mm rellena de lana mineral de 40 mm (con una resistividad al flujo del aire igual a $5 \text{ kPa} \cdot \text{s/m}^2$ y con una densidad recomendada de 10 a 70 kg/m^3) a la cual ira adosada doble placa de yeso PLACO Phonique de 12.5 mm de espesor o PLACO MARINE de 12.5 mm en zonas húmedas. Se caracteriza por:

- a) mejora del índice global de reducción acústica, ponderado A, de un revestimiento en dBA; 10 dBA

Referencia: Catálogo de Elementos Constructivos

HUECOS:

Doble acristalamiento SGG CLIMALIT 8/6/33.1, caracterizado por:

- a) el índice global de reducción acústica, R_w , 38 dB.
- b) el índice global de reducción acústica, ponderado A, RA , en dBA; 37 dBA.
- c) el índice global de reducción acústica, ponderado A, para ruido de automóviles, RA_{tr} , en dBA; 34 dBA.
- d) el término de adaptación espectral del índice de reducción acústica para ruido rosa incidente, C , en dB; -1 dB.
- e) el término de adaptación espectral del índice de reducción acústica para ruido de automóviles y de aeronaves, C_{tr} , en dB; -4 dB.
- f) la clase de ventana, según la norma UNE EN 12207;

Referencia: SSG CLIMALIT

Doble acristalamiento SGG CLIMALIT/ SGG CLIMALIT PLUS SILENCE 10/12/44.1, para sala polivalente por tener más exigencias acústicas que el resto de recintos.

Se caracterizan por:

- a) el índice global de reducción acústica, R_w , 41 dB.
- b) el índice global de reducción acústica, ponderado A, RA , en dBA; 41 dBA.
- c) el índice global de reducción acústica, ponderado A, para ruido de automóviles, RA_{tr} , en dBA; 37 dBA.
- d) el término de adaptación espectral del índice de reducción acústica para ruido rosa incidente, C , en dB; 0 dB.
- e) el término de adaptación espectral del índice de reducción acústica para ruido de automóviles y de aeronaves, C_{tr} , en dB; -4 dB.
- f) la clase de ventana, según la norma UNE EN 12207;

Referencia: SSG CLIMALIT

PARTICIONES INTERIORES.

Los elementos de separación verticales se caracterizan por el índice global de reducción acústica ponderado, existiendo en el proyecto tres tipos diferentes de estos:

1. Particiones baños.

Formado por dos placas de yeso laminado PLACO Phonique o Marine dependiendo de su ubicación, de 12.5 mm de espesor, atornilladas a cada lado externo de una estructura metálica de acero galvanizado a base de raíles horizontales y montantes verticales de 48 mm de espesor, modulados a 400 mm.

El índice global de reducción acústica, ponderado A, RA, en dBA; 52 dBA la masa de la solución constructiva sería 44 Kg/m².

Referencia: Catálogo de Elementos Constructivos

2. Particiones ascensor.

Formado por dos hojas de fábrica con bandas elásticas, siendo la primera ½ pie de ladrillo perforado de 115mm y la segunda ladrillo hueco simple de 50mm. Entre ambas hojas se colocará lana mineral de 40 mm de espesor. Dicha solución irá revestida por los dos lados con un guarnecido y enlucido de yeso de 1,5 cm de espesor;

El índice global de reducción acústica, ponderado A, RA, en dBA; 62 dBA la masa de la solución constructiva sería 230 Kg/m².

3. Resto de particiones.

Formado por dos placas de yeso laminado PLACO Phonique 12.5 mm de espesor, atornilladas a cada lado externo de una doble estructura metálica de acero galvanizado a base de raíles horizontales y montantes verticales de 48 mm, modulados a 400 mm y otra placa intermedia atornillada a las dos estructuras.

El índice global de reducción acústica, ponderado A, RA, en dBA; 58 dBA la masa de la solución constructiva sería 55 Kg/m².

Referencia: Catálogo de Elementos Constructivos

4.1.2.2. Elementos de separación horizontales.**CUBIERTAS**

Tanto la cubierta inclinada invertida con terminación en tejas como la cubierta transitable invertida con terminación en solado flotante, tendrán las características acústicas que disponga el forjado. Dichas características son las siguientes:

Forjado reticular con piezas de entrevigado de hormigón con áridos ligeros de 300 mm de espesor.

Se caracteriza por:

- a) el índice global de reducción acústica, ponderado A, RA, en dBA; 57 dBA.
- b) el nivel global de presión de ruido de impactos normalizado, $L_{n,w}$, en dB. 72 dB.
- c) RAtr 48 dBA.
- d) Masa 369 kg/m²

Referencia: Catálogo de Elementos Constructivos

SUELO.

ELEMENTO BASE: Forjado reticular con piezas de entrevigado de hormigón con áridos ligeros de 300 mm de espesor.

Se caracteriza por:

- e) el índice global de reducción acústica, ponderado A, RA, en dBA; 57 dBA.
- f) el nivel global de presión de ruido de impactos normalizado, $L_{n,w}$, en dB. 72 dB.
- g) RAtr 48 dBA.
- h) Masa 369 kg/m²

Referencia: Catálogo de Elementos Constructivos.

TRASDOSADO: Los suelos flotantes con solera de mortero de 50 mm de espesor y lana mineral arena PF de 30mm, se caracterizan por:

- a) la mejora del índice global de reducción acústica, ponderado A, ΔRA , en dBA; 8 dBA.
- b) la reducción del nivel global de presión de ruido de impactos, ΔL_w , en dB; 33 dB.

Referencia: Catálogo de Elementos Constructivos

TECHO.

ELEMENTO BASE: Forjado reticular con piezas de entrevigado de hormigón con áridos ligeros de 300 mm de espesor.

Se caracteriza por:

- a) el índice global de reducción acústica, ponderado A, RA, en dBA; 57 dBA.
- b) el nivel global de presión de ruido de impactos normalizado, Ln,w, en dB. 72 dB.

Referencia: Catálogo de Elementos Constructivos.

TRASDOSADO. Falso techo aislamiento acústico.

- a) la mejora del índice global de reducción acústica, ponderado A, ΔRA , en dBA; 7 dBA.
- b) la reducción del nivel global de presión de ruido de impactos, ΔLw , en dB; 9 dB.
- c) el coeficiente de absorción acústica medio, α_m , si su función es el control de la reverberación. No se tiene en cuenta, ya que posteriormente se añadirá un falso techo de acondicionamiento.

Referencia: Catálogo de Elementos Constructivos

4.1.2.3. Ventanas

Teniendo en cuenta que el aislamiento acústico global viene determinado por el elemento más débil, se pide al acristalamiento unas prestaciones acústicas óptimas. Por ello se elige doble acristalamiento acústico frente a vidrio monolítico o el laminar.

Características: El doble acristalamiento puede asimilarse a un sistema de masa-amortiguador-masa. La frecuencia de resonancia del doble acristalamiento disminuye con el espesor de los vidrios y el tamaño de la cámara de aire permitiendo un gran aislamiento acústico sobre la base de las siguientes características:

- Vidrios de gran espesor y espacio separador amplio para que la frecuencia de resonancia masa amortiguador-masa sea lo más baja posible. El efecto de ampliar la cámara, el espacio separador, se traduce también en un desplazamiento de la frecuencia.
- ensamblaje asimétrico. Un doble acristalamiento posee dos frecuencias críticas: una por cada luna de vidrio. Si el doble acristalamiento es simétrico, la degradación del aislamiento acústico es superior a la de cada vidrio por separado. En el caso de un doble acristalamiento, la degradación es inferior a la de cada vidrio por separado. El

aislamiento acústico de un acristalamiento asimétrico es por tanto mejor que el de un acristalamiento simétrico que tenga el mismo espesor total de vidrio.

- vidrio laminar con una película acústica de PVB.

Descripción del tipo de acristalamiento seleccionado:

Sala polivalente:

Doble acristalamiento modelo SGG CLIMALIT/ SGG CLIMALIT PLUS SILENCE 10/12/44.1 , de $R_w=41$ dB y espesor total 30 mm.

Características de los vidrios:

- Grosor total= 30 mm
- Kg/m²= 45,5
- $R_w= 41$ dB C=0 Ctr=-4
- RA= 41 dBA
- RAtr= 37 dBA

Resto de estancias:

Doble acristalamiento modelo SGG CLIMALIT SILENCE 8/6/33.1 , de $R_w=38$ dB y espesor total 20 mm, formado por un vidrio interior SGG STADIP SILENCE 33.1 y vidrio exterior SGG PLANILUX con cámara de aire deshidratado de 12 mm con perfil separador de aluminio y doble sellado perimetral, fijado sobre carpintería con acuñado mediante calzos de apoyo perimetrales y laterales y sellado en frío con silicona neutra, incluso colocación de junquillos, según NTE-FVP.

Características de los vidrios:

- Grosor total= 20 mm
- Kg/m²= 35,5
- $R_w= 38$ dB C=-1 Ctr=-4
- RA= 37 dBA
- RAtr= 34 dBA

4.1.2.4. Puertas.

Las puertas son las partes de un paramento más débiles, acústicamente hablando, porque, generalmente, las zonas macizas que las contienen tienen más aislamiento a ruido aéreo.

Por tanto, para el cálculo global de aislamiento de un paramento, hay que considerar la proporción de las superficies de huecos respecto de la superficie total, como sucede en el caso de los huecos de ventanas en fachadas.

Ocorre en muchos casos que el aislamiento a ruido aéreo de la parte ciega de un paramento es alto y la proporción de huecos en el es baja, por lo que es absurdo pensar que el aislamiento de las puertas tiene que ser igual al del resto del muro, entre otras cosas, porque es imposible conseguir el mismo aislamiento con una puerta (aunque sea acústica) que el que garantiza, por ejemplo, una pared de doble hoja o una fachada de edificio antiguo. Por tanto, el aislamiento acústico de las puertas debe ser tal que, junto al que ofrece el paramento ciego donde se ubican, proporcione el aislamiento global exigido al conjunto.

De estos elementos hay que tener en cuenta que:

- La eficacia de aislamiento de una puerta depende de su peso y, sobre todo, de su estanqueidad al paso del aire. Puertas de peso $<10 \text{ kg/m}^2$, por ejemplo, aunque cierren perfectamente, carecen del aislamiento mínimo.
- El hecho de disponer de acristalamientos (que suelen ser de vidrio simple), su eficacia se ve disminuida (en igualdad de condiciones, 2 a 3 decibelios).
- Elementos añadidos, como burletes elásticos, escobillas inferiores, aumentan su hermetismo y, por tanto, su aislamiento.
- Holguras entre premarco y cerco pueden influir en el aislamiento, aunque se coloque la moldura que las oculte.
- El hecho de ser puertas de hojas lisas o con molduras no afecta al aislamiento.
- Las puertas de hojas correderas rara vez alcanzan los 20 decibelios de aislamiento.

Las puertas acústicas utilizadas tendrán un aislamiento de $R_w (C; C_{tr})$: 38 (-2;-3) dB, con un espesor de 69mm y con un acabado superficial de tratamiento anticorrosivo preparado para pintar. Cabe destacar las siguientes características:

- Bastidor metálico con núcleo de materiales fonoaislantes y fonoabsorbentes.
- Marco metálico cerrado para evitar deformaciones.
- Cierre acústico de doble burlete con junta de neopreno.



Sección horizontal



Sección vertical

- Bisagras helicoidales para asegurar la estanqueidad del cierre.

- Sistema de cierre a presión.
- Comportamiento M0 ante fuego.
- Accesorios. Cierre de presión, visor acústico, muelle cierrapuertas, barra antipánico.

4.2. Condiciones para el proceso constructivo.

Las características técnicas de cada unidad de obra indicando su proceso de ejecución, normas de aplicación, condiciones previas que han de cumplirse antes de su realización, control de ejecución, ensayos y pruebas etc..

Las técnicas acústicas básicas en edificación se pueden resumir en tres acciones: “desolidarizar”, “sellar” y “ejecutar bien”.

Se explicará a continuación las condiciones del proceso constructivo llevadas a cabo:

4.2.1. Preparación de superficies.

Antes de empezar la instalación de los sistemas de aislamiento acústico, el local sobre el que se va a ejecutar la instalación deberá de quedar totalmente limpio y se quitarán todos los elementos u objetos que puedan entorpecer el proceso de instalación, quedando completamente horizontal para facilitar el montaje de andamios o plataformas elevadoras.

Una vez el local se encuentre limpio se procederá al tapado o sellado de todos los huecos, agujeros o juntas que hayan tanto en los cerramientos verticales como en los horizontales. Dicho tapado o sellado se deberá de realizar con yeso o mortero de cemento, asegurando la total estanqueidad de local.

4.2.2. Ejecución de los aislamientos

El orden de ejecución de los sistemas de aislamiento acústico deberá ser el siguiente:

1. Primero se realizarán las particiones verticales.
2. A continuación el falso techo de los recintos.
3. Después se hará el tratamiento de acondicionamiento del techo.
4. Finalmente se instalará el suelo flotante.

Se procederá a la descripción detallada de cada uno de ellos, haciendo hincapié también, en la importancia de ventanas y puertas, con respecto al aislamiento acústico.

4.2.2.1. Separación vertical: fachadas y elementos de partición interiores**FACHADAS.****EJECUCIÓN.**

1. Construcción del cerramiento a base de bloques de termoarcilla de 19.
 - a. Los bloques de Termoarcilla®-PROCERAN, previamente humedecidos, se colocarán, machihembrados sin mortero en la junta vertical, conservando una distancia mínima entre dos hiladas consecutivas de 7 cm para no disminuir la resistencia de los muros al corte.
 - b. En la primera hilada los bloques se colocarán con una cama de mortero continua, con el fin de compensar las irregularidades del nivel del forjado.
 - c. La junta horizontal se realizará mediante dos cordones paralelos y separados 1 ó 2 cm para evitar puentes térmicos.
 - d. Se recomienda el empleo de mortero M-7,5.
 - e. El espesor de las juntas horizontales de mortero, oscilará entre 1 y 1,5 cm. de espesor.
 - f. Encuentro de cerramiento termoarcilla con pilares:
 - i. Se recomienda forrar los pilares con un material elástico, de espesor mínimo de 5mm, con el fin de independizar los movimientos del cerramiento y de la estructura.
 - ii. Se replanteará siempre entre esquinas consecutivas utilizando en el cerramiento la pieza moduladora, si fuera preciso en una misma dirección.
 - iii. Los pilares se emparcharán con piezas de 5 ó 10 centímetros, donde armaremos un tendel cada tres hiladas, con armadura galvanizada de 6mm de diámetro para evitar fisuraciones en estos puntos.
 - iv. Se colocarán llaves de anclaje en los pilares (un mínimo de tres en cada lado del muro) para mejorar la estabilidad del cerramiento frente a acciones horizontales (viento o acciones sísmicas).
 - v. Los pasos de pilares en esquina, o en línea de fachada, se ejecutarán con las piezas de emparche, y en función del grosor del mismo se rellenarán los huecos hasta el pilar, con piezas de Termoarcilla® complementaria.
2. Se enfoscará con mortero la parte interna de la fábrica de termoarcilla y con monocapa la parte externa.

Un mortero monocapa es un revestimiento compuesto de cemento, aditivos, resinas, fibras y cargas minerales. Una vez mezclado y aplicado de forma continua con un espesor de unos 10 ó 15 mm, confiere a la fachada un acabado impermeable y decorativo.

Cuando se utilicen morteros monocapa deberán seguirse rigurosamente las recomendaciones del fabricante. El procedimiento constructivo debe ser el siguiente:

- Antes de iniciar la puesta en fachada del mortero se debe humedecer el soporte y marcar las zonas de trabajo o rectángulos formados por los perfiles de aluminio. Estos perfiles se sujetan a la fachada asentándolos sobre una banda de mortero de 5 a 10 cm de ancho y 1 cm de espesor.
- Debemos verificar que las zonas de trabajo delimitadas por las paredes maestras tienen una separación mayor de 2,20 m en vertical y de 7 m en horizontal.
- Cuando sea necesario armar el revestimiento (en zonas de forjado, esquinas...)previamente a la aplicación del mismo, se extenderá una capa de mortero monocapa de 4 a 5 mm, sobre la que se coloca una malla, que deberá sobrepasar al menos 20 cm la zona de trabajo delimitada por las maestras o perfiles.
- Una vez realizado este preparativo, se procede a la puesta en fachada del mortero, generalmente en una sola capa. Si el soporte no es suficientemente regular puede extenderse una capa previa de 2 o 3 mm de espesor. En cualquier caso, el espesor medio es de 15 mm.
- Si por necesidades de la obra son necesarios espesores mayores, debe armarse una primera capa, no debiendo superarse en cualquier caso los 25 mm de espesor.

3. Replanteo en suelo y techo del trasdosado. La distancia entre el elemento base y el trasdosado debe de ser al menos 1 cm.

El trasdosado según proyecto se anclará al forjado, los encuentros se resolverán en los planos adjuntos que se facilitan.

Se colocarán las bandas de estanqueidad en suelo y techo previamente a la colocación de los canales.

4. Colocación del resto de montantes en los canales tanto superior como inferior por simple giro. Los montantes no serán arriostrados al elemento base, dando así menos rigidez al sistema. Se colocarán las tuberías de instalaciones que pasen entre los montantes, procurando que queden lo mas rectas posibles y que no formen un contacto entre el elemento base y las placas.

5. Se introducirán los paneles de lana mineral entre los perfiles. El ancho de los paneles será de 40 mm ya que depende del ancho de la perfilera, y en este caso es de 48 mm. El material no puede romperse en su instalación y debe cubrir toda la superficie de suelo a techo.
6. Las placas de yeso serán PLACO PHONIQUE, por presentar mejores condiciones acústicas que las estándar. Éstas se atornillarán a los montantes e irán contrapeadas respecto a las placas de la fase anterior. Los tornillos quedarán suficientemente rehundidos, de tal manera que se permita su plastecido posterior.
7. Se procederá al tratamiento de juntas entre placas y al plastecido de tornillos (pegando una cinta de malla autoadhesiva en las juntas y posteriormente aplicando pasta) de tal manera que se garantice la estanqueidad de la solución.
8. De forma análoga se procederá al tratamiento con pasta de yeso y cinta de juntas en las juntas perimetrales del trasdosado con el forjado y otras particiones.

RECOMENDACIONES.

- Se recomienda ejecutar primero el elemento de separación entre unidades de uso diferentes, para después ejecutar el suelo flotante. De esta forma, puede asegurarse que el suelo flotante es independiente entre unidades de uso. La tabiquería puede ejecutarse indistintamente sobre el suelo flotante o sobre el forjado.
- Se recomienda la utilización de piezas especiales de Termoarcilla® PROCERAN para solucionar los puntos singulares y conseguir una mejor calidad y estanqueidad de la fábrica.
- Se recomienda la utilización en los puntos singulares, como esquinas, emparches, encuentros, pasos de forjado, etc. de una malla de fibra de vidrio embebida en el enfoscado. La no utilización de este elemento puede ocasionar fisuras.
- Colocar las instalaciones después del absorbente acústico.
- Emplear absorbentes acústicos de densidad baja o media (de 10 a 70 kg/m³) que permitan el amoldamiento de los conductos sin deteriorarse.
- Contrapear las distintas fases de las placas, en caso de que haya más de una PYL en el trasdosado.
- Empleo de cajas especiales adaptadas a las placas de yeso laminado para cajas de derivación y mecanismos eléctricos, (enchufes, interruptores, etc.)
- La distribución de conductos en el interior de la cámara se realizará mediante piezas específicas para ello.

- Aumentar el espesor de la perfilería, por ejemplo, de 48 mm a 70 mm, si el número de conductos de instalaciones que discurre por la cámara del trasdosado fuese elevado, de tal forma que se permita el paso de las mismas y se pueda incluir además, una lana mineral de 40 mm de espesor.
- Las placas de yeso laminado se deberán sobreelevar 1,5 cm respecto el nivel del suelo, ya que en caso contrario podría absorber humedades por capilaridad, a la vez que transmitiría vibraciones a través del suelo a las habitaciones contiguas.
- En zonas húmedas (cuartos de baño, aseos, cocinas y lavaderos) deberán instalarse placas con tratamiento especial hidrófugo, PLACO Marine.
- El tratamiento de juntas debe comenzarse cuando no haya grandes cambios de humedad y temperatura. No se debe realizar en locales donde la temperatura sea inferior a 10°C.
- Los pasos de instalaciones por los paramentos, cajas para mecanismos, etc., deben rejuntarse minuciosamente con el fin de garantizar su estanqueidad, y su colocación se realizara después del absorbente acústico.
- Utilizar envoltentes elásticas (pasamuros), para evitar el paso de vibraciones a los elementos constructivos, siempre que estas atraviesen un elemento de separación.
Por ejemplo: Pueden utilizarse como pasamuros las coquillas de espuma PE o espuma elastomérica.
Deben sellarse las holguras entre los pasamuros y los elementos de separación.

A EVITAR.

- Contactos rígidos entre el cerramiento de fábrica y el trasdosado autoportante, en los casos no contemplados en proyecto (por rebabas, etc.).
- Contactos rígidos entre las instalaciones y cajas de mecanismos y registro con la hoja de fábrica.
- En el caso de existir instalaciones dispuestas en rozas dentro del elemento base, deben retacarse con mortero todas las rozas realizadas e intentar que las instalaciones discurran entre las perfilería.
- Realizar rozas en las placas. Las placas sólo deben perforarse en los puntos en la salida de instalaciones que discurran por la cámara o en aquellos puntos donde se instalarán cajas para mecanismos eléctricos.
- Discontinuidad, rotura o falta de relleno del absorbente acústico de la cámara de la estructura autoportante.

ELEMENTOS DE SEPARACIÓN VERTICALES INTERIORES DE ENTRAMADO AUTOPORTANTE. TIPO 3

Se especifica a continuación, solo la ejecución del elemento de separación con doble perfilería y placa intermedia, obviándose la ejecución de la placa individual, por seguir los mismos pasos que ésta, solo que de forma menos desarrollada.

EJECUCIÓN.

1. Replanteo en suelo y techo de los canales de la primera de las perfilerías.
2. Se colocarán las bandas de estanquidad para los encuentros canal-suelo y canal-techo, previamente a la colocación de los canales. También se colocarán bandas de estanquidad en los montantes que arranquen de los pilares o de los cerramientos de fábrica, hormigón. El resto de montantes se encajarán en los canales tanto superior como inferior por simple giro. La perfilería se anclará preferiblemente al forjado.
3. Se colocarán, mediante atornillado, las placas de yeso laminado de una de las caras. Se colocarán las tuberías de instalaciones que pasarán entre los montantes, procurando que queden lo más recto posible.
4. Se colocará el material absorbente acústico entre los perfiles. El ancho de este material debe ser acorde con el ancho de la perfilería utilizada. No deberá romperse en su instalación y deberán cubrir toda la superficie del primer cerramiento, de suelo a techo.
5. Se atornillará por el lado interior del sistema, la placa de yeso laminado.
6. Se procederá a la colocación de la segunda perfilería, repitiendo los pasos de 2 y 4 mencionados anteriormente.
7. Se atornillan las placas de yeso laminado a los montantes por la cara exterior del cerramiento. Los tornillos quedarán suficientemente rehundidos, de tal manera que se permita su plastecido posterior. De cada fase, cada una de las placas se colocará contrapeada respecto a las placas de la fase anterior y se procederá al plastecido de tornillos de cada una de las fases.
8. Se procederá al tratamiento de juntas entre placas y al plastecido de tornillos, de tal forma que se garantice la estanquidad de la solución. El tratamiento de las juntas se realizará:
 - Interponiendo pasta de juntas de yeso, para asentar cinta de papel microperforado. Tras el secado de la junta, se aplicarán las manos de pasta necesarias según la decoración posterior del paramento.

- Pegando una cinta de malla autoadhesiva en las juntas y posteriormente aplicando las manos de pasta de juntas necesarias según la decoración posterior.
9. De forma análoga, se procederá al tratamiento con pasta de yeso y cinta de juntas o con pasta selladora elástica en las juntas perimetrales con el forjado y otras particiones.

RECOMENDACIONES.

- Se recomienda placa intermedia, para asegurar la estanqueidad de la solución, especialmente cuando se colocan cajas para mecanismos eléctricos y otro tipo de instalaciones.
- Contrapear las distintas fases de las placas, en caso de que haya más de una PYL en el trasdosado.
- Colocar las instalaciones después de colocar el absorbente acústico y por el lado donde vayan a hacerse las aberturas para cajas de mecanismos y registros.
- Emplear absorbentes acústicos de densidad baja o media (de 10 a 70 kg/m³) que permitan el amoldamiento de los conductos sin deteriorarse.
- Empleo de cajas especiales adaptadas a las placas de yeso laminado para cajas de derivación y mecanismos eléctricos, (enchufes, interruptores, etc.)
- La distribución de conductos en el interior de la cámara se realizará mediante piezas específicas para ello.
- Aumentar el espesor de la perfilería, por ejemplo, de 48 mm a 70 mm, si el número de conductos de instalaciones que discurre por la cámara del trasdosado fuese elevado, de tal forma que se permita el paso de las mismas y se pueda incluir además, una lana mineral de mayor espesor.

A EVITAR.

- Evitar los contactos rígidos entre los montantes, a menos que se haya especificado en el proyecto que deban arriostrarse. En caso de que fuese necesario arriostrarlos, (excesiva altura o longitud), existen elementos auxiliares que permiten su unión sin arriostramiento rígido (uniones de elementos o piezas de chapas con amortiguador intermedio de caucho).
- Que el absorbente acústico no se instale en ambas estructuras y/o no cubra toda la superficie de suelo a techo.
- Rotura del absorbente acústico de las estructuras.

- Colocar las bandas de estanquidad y los canales sobre una superficie con imperfecciones significativas.
- Cajas de mecanismos pasantes en el elemento. Pueden quedar enfrentados, aunque no es recomendable, cuando se coloca una placa intermedia. Es preferible desplazarlos de dos a tres veces el ancho del tabique.
- Rozas en las placas de yeso laminado.

ELEMENTOS DE SEPARACIÓN VERTICALES INTERIORES DE DOBLE FÁBRICA DE LADRILLO CON BANDA ELÁSTICA. TIPO 2

EJECUCIÓN.

1. Replanteo. Consiste en marcar la configuración general de la fábrica tanto en horizontal (forma en planta de las fábricas, los encuentros de las mismas, la situación y dimensiones de los huecos y la situación de otros elementos singulares) como en vertical (verticalidad de la fábrica, altura de cada hilada, del antepecho y dinteles de los huecos y la coronación de los tabiques mediante miras)

El replanteo debe realizarse según lo indicado en los planos de replanteo del proyecto y/o por la dirección de la obra.

2. Ejecución de la hoja de ladrillo perforado de ½ pie de espesor. Dicha ejecución se llevará a cabo siguiendo los siguientes pasos:

- Ajuste horizontal.
- Arranque de la fábrica. El arranque de estas fábricas se realiza sobre el forjado inferior, interrumpiéndose el suelo flotante entre distintas unidades de uso.

Para la colocación de la primera hilada de la fábrica, se dispondrá una cama continua de mortero de cemento sobre el forjado. La cama continua podrá tener mayor espesor que el resto de los tendeles, con el fin de compensar las posibles irregularidades del forjado.

- Formación de huecos.
- Ejecución de las hiladas. Como material de agarre para el levantamiento de las fábricas de ladrillo perforado se emplea mortero de cemento, colocando las piezas a restregón y respetando la ley de trabas

Remate de la fábrica. El retacado de la fábrica se realizará contra el forjado superior empleando yeso, por no existir banda elástica en dicha partición.

En el encuentro de las paredes separadoras con el forjado superior, cuando el forjado sea de bovedillas y se coloque un falso techo, para evitar transmisiones de ruido a través de posibles roturas en las bovedillas, se recomienda aplicar un material continuo (enlucido de yeso o enfoscado de cemento) en el forjado superior con función sellante.

Una vez ejecutada la fábrica, se procederá al rejuntado con yeso.

- Ejecución de los encuentros con el forjado.
 - Aplicación de los revestimientos.
3. Se colocará el absorbente acústico fijado, mediante pelladas, a la cara interior de la primera hoja de fábrica, evitando que se rompa en su instalación. El material debe ocupar toda la superficie de la hoja de fábrica, de suelo a techo.
- El material absorbente, generalmente lana mineral, se colocará rellenando toda la superficie de la primera hoja de la separadora, asegurándonos de que no sufra desperfectos ni roturas durante su colocación.
4. Replanteo en forjado de suelo y de techo de la segunda hoja de fábrica, que lleva bandas elásticas.
- Replanteo.
 - Colocación de las bandas elásticas de apoyo.
 - Las superficies de colocación de las bandas elásticas deben limpiarse previamente.
 - La fijación de dichas bandas elásticas se realizará según se indique en proyecto o en las recomendaciones del fabricante.
 - Se colocarán las bandas elásticas de la base, centradas respecto a la línea de replanteo del tabique y adheridas con yeso para que garantice una buena adherencia de la fábrica a la banda elástica.
 - Las bandas elásticas se deben colocar a tope una tras otra, sin dejar discontinuidades entre las mismas, evitándose en todo momento que la fábrica o la pasta de agarre entre en contacto con el elemento constructivo (forjado, pilar o muro) del cual se quiere desconectar.
 - Ejecución de la hoja que lleva banda elástica.
 - Ajuste horizontal.
 - Arranque de la fábrica.
- Una vez pegadas las bandas elásticas al forjado inferior el montaje de la primera hilada del tabique se realizará con yeso, garantizándose una

buena adherencia del ladrillo a la banda elástica y mejorándose la estabilidad del tabique durante su ejecución.

- Ejecución de las hiladas. Como material de agarre para el levantamiento de las fábricas de ladrillo perforado se emplea mortero de cemento, colocando las piezas a restregón y respetando la ley de trabas

Remate de la fábrica. En este caso, el retacado de la fábrica se realizará contra la banda elástica. Para ello, previamente se pegará la banda elástica al forjado superior mediante yeso, de tal modo que la banda elástica sobresalga 3 cm hacia el exterior de la cámara y 1 cm hacia el interior de la cámara. El material que se empleará para realizar el retacado será yeso.

- Formación de huecos.
- Ejecución de los encuentros con el forjado.
- Instalaciones: apertura de rozas y rebajes, colocación de las instalaciones y sellado.
- Aplicación de los revestimientos.

Se retacarán las rozas adecuadamente de forma que queden rellenas de yeso, pasta o mortero todas ellas antes de aplicar los revestimientos.

En el caso del revestimiento de la hoja con bandas elásticas, dicho revestimiento (enlucido, guarnecido, etc.) no puede entrar en contacto con el revestimiento del techo. Esto se evitará colocando la banda elástica con un ancho mayor al de la hojas de fábrica, evitando así la conexión entre los enlucidos.

Los revestimientos pueden ejecutarse antes o después de ejecutarse el suelo flotante.

Se rematará la junta entre el revestimiento de la hoja de fábrica con bandas elásticas y el revestimiento de los techos, interponiendo una cinta de celulosa microperforada o similar.

5. Se realizarán las rozas necesarias para paso de instalaciones, haciendo que no coincidan a la misma altura en ambos tabiques, teniendo especial cuidado en no hacer coincidir las cajas de registro, enchufes y mecanismos a ambos lados de las hojas.

RECOMENDACIONES.

- Debe ejecutarse primero el elemento de separación vertical y después el falso techo.
- Colocar bandas elásticas que tengan un ancho de al menos 4 cm. superior al espesor de la hoja de fábrica. Se centrará la hoja de fábrica de tal modo que la banda elástica sobresalga por cada lado al menos 1 cm. del espesor del revestimiento que se vaya a hacer a la hoja.

Los motivos por los cuales se recomienda que el ancho de la banda elástica sea mayor que el espesor de la fábrica sin revestir son los siguientes:

- Evitar que las rebabas de la pasta de agarre conecten rígidamente la fábrica al elemento del cual se quiere desconectar (forjado, pilar o muro), facilitando su eliminación tras el montaje de la fábrica.
 - Facilitar la ejecución de la desconexión de los revestimientos.
- Colocar la banda elástica de la cima en el momento en que vaya a finalizarse la construcción de la hoja para garantizar que la hoja de fábrica acomete a la banda elástica.
- No realizar las rozas pasantes. Las rozas deben retacarse adecuadamente de forma que queden rellenas de yeso, pasta o mortero, para que el aislamiento acústico de la partición no disminuya por las mismas.
- Si el absorbente acústico no rellena el plénum, deberá fijarse a la primera hoja mediante algún material de sellado o pieza mecánica, evitando en este último caso que dichas piezas comuniquen las dos hojas.
- En caso de que se coloque una moldura, ésta sólo debe fijarse al techo, evitando colocarla en el ángulo formado por la hoja que lleva bandas elásticas y el techo.
- Los enchufes, interruptores y cajas de registro de instalaciones contenidas en los elementos de separación verticales no serán pasantes y no conectarán las hojas de la partición.
- Las juntas entre el elemento de separación vertical y las cajas para mecanismos eléctricos deben ser estancas, para ello se sellarán con material de agarre o de revestimiento.
- Empleo de bandas elásticas con una rigidez dinámica, s' , menor que 100 MN/m³.
- El recibido de la fábrica al forjado superior no se realizará antes de que hayan transcurrido 48 horas, con el fin de asegurar que la pasta de agarre haya fraguado.
- Durante la instalación de la lana mineral se deberá proteger el material de posibles contaminaciones de mortero o cemento, de las inclemencias climatológicas que podrían deteriorarlo o generar contactos rígidos. En este sentido, en la medida de lo posible, se

recomienda no dejar descubierta la lana mineral ya fijada a la primera hoja de la pared una vez finalizada la jornada de trabajo.

A EVITAR.

- Comunicación directa entre las hojas. En la ejecución de la primera de las hojas, debe asegurarse que la superficie interior de las mismas no presenta rebabas ni desperfectos que puedan conectar ambas hojas o que dificulten la colocación del material absorbente dispuesto en la cámara.
Debe evitarse que en la cámara queden restos de material que puedan conectar las dos hojas.
- Que el absorbente acústico no cubra toda la superficie de la cámara.
- Deterioros en el material absorbente acústico durante la ejecución de las rozas. Asimismo, deben retacarse las rozas, de tal manera que el aislamiento acústico de la partición no quede debilitado por las mismas
- Puentes acústicos por los macizados y recubrimientos de las instalaciones que discurren por el suelo flotante o techo y las hojas del cerramiento que lleva bandas elásticas. Deben evitarse estos contactos directos entre el mortero de protección de las instalaciones y las hojas de fábrica.
- En ningún caso se empleará mortero de cemento para el pegado de la banda elástica, puesto que no existe una buena adherencia entre el mortero de cemento y la banda elástica.
- Doblar el material en las esquinas, ya que se podrían generar huecos de aire en la cavidad. Las esquinas deben resolverse acometiendo en la zona del encuentro las planchas de la lana mineral de las dos fábricas que la forman, garantizándose en todo momento que las juntas queden perfectamente unidas.

4.2.2.2. Separación horizontal superior: techo.

EJECUCIÓN.

1. Se aplicará un guarnecido de 15 mm de espesor bajo el forjado.
2. Se dispondrá de una estructura primaria Still Prim 100 y secundarios F530, suspendida del forjado mediante amortiguadores metálicos, a la distancia que se especifique en proyecto.

3. Se colocará un material absorbente acústico de 50 mm de espesor en el plénum que se va a formar entre el techo original y el techo suspendido. Este material debe ser del tipo manta, cubriendo toda la superficie del techo y reposar sobre el dorso de las placas y de los perfiles de sujeción.

Es recomendable que el material absorbente suba hasta el forjado por todos los lados perimetrales del plénum.

4. Se fijarán doble placa de yeso laminado, mediante piezas de fijación a la estructura primaria. Dichas placas irán contrapeadas.
5. Se procederá al tratamiento de juntas entre placas y al plastecido de tornillos, de tal forma que se garantice la estanquidad de la solución. El tratamiento de las juntas se realizará pegando una cinta de malla autoadhesiva en las juntas y posteriormente aplicando las manos de pasta de juntas necesarias según la decoración posterior.
6. De forma análoga, se procederá al tratamiento con pasta de yeso y cinta de juntas en las juntas perimetrales del trasdosado con el forjado y otras particiones.
7. Una vez realizado la separación vertical se procederá a la instalación del falso techo de acondicionamiento, en las salas que así lo requieran, aulas, sala de profesores, sala polivalente, recepción y pasillos.

Este irá suspendido mediante varillas metálicas al falso techo acústico y estará formado por una cámara de aire, lana mineral de 30mm y un revestimiento a base de placas de yeso laminado tipo Gyptone continuo Quattro 41 (altura plénum 200mm)

RECOMENDACIONES.

- Suspender el falso techo mediante amortiguadores que eviten la conexión rígida entre él y el techo original.
- Dejar el mayor plénum posible.
- Colocar un material absorbente acústico en el interior del plénum.
- Si el techo tiene trampillas de registro, las juntas perimetrales de dichas trampillas deben ser herméticas.
- La razón por la que se recomienda ejecutarse primero el paramento y después el techo, es para evitar que la cámara sea continua y pueda conectar ambas unidades de uso, ya que sería una vía de transmisión aérea directa.
- En el caso de que existan conductos de instalaciones o tuberías colgadas del forjado, dichas instalaciones deben quedar separadas de las placas de yeso laminado una distancia

≥5 mm. Si se prevé que los conductos tengan una posible flecha, la distancia será ≥flecha + 5 mm, para evitar movimientos.

- Se recomienda pintar después de la instalación de las placas con rodillo de pelo corto para no alterar las prestaciones acústicas.

A EVITAR.

- Ejecutar el falso techo antes que los tabiques.
- No cubrir toda la superficie del techo con material absorbente en los casos en que se haya contemplado su instalación en proyecto.
- No colocar los amortiguadores si así se indica en proyecto.
- Dejar un plénium con menor distancia de la que se indique en proyecto.
- Que no se revista y remate adecuadamente la zona del cerramiento vertical que va a quedar oculta por el techo suspendido.
- Las tuberías o conductos de instalaciones no deben apoyarse en las placas de yeso laminado.

4.2.2.3. Separación horizontal inferior: suelo.

EJECUCIÓN.

1. Los suelos flotantes, se ejecutarán una vez que se haya llevado a cabo la ejecución de los cerramientos verticales de separación entre unidades de uso diferentes.
2. La superficie del forjado debe encontrarse lisa y seca, y las asperezas no deben ser superiores a 0.4 cm. Si fueran mayores habría que aplicar una capa de mortero o grava de nivelación.
3. Se cubrirá toda la superficie del forjado con una lámina de polietileno de 0,5 mm. con suficiente altura (mínimo un solape de 5 cm) Se procurará que no se produzcan roturas en las láminas, (especial cuidado con las láminas de 3 mm de espesor).
4. Se colocarán los paneles aislantes de lana mineral a tope, si hubiese varias capas de paneles aislantes, estos irán a cubrejuntas.
5. Para proteger los paneles aislantes de la losa de mortero, estos se cubrirán con otra lámina de polietileno de 0,5 mm. con suficiente altura.

6. Se colocarán el mallazo de reparto y si así estuviera previsto, los conductos de instalaciones. Se verterá el mortero encima de la lámina de polietileno, sin que llegue a entrar en contacto con los cerramientos verticales perimetrales del recinto.
7. Los conductos que vayan sobre el suelo se revestirán de un material elástico y no estarán en contacto directo con el forjado.
8. Se cubrirá toda la superficie con el acabado final, sin que éste llegue a tocar directamente a los cerramientos verticales.
9. El rodapié no puede conectar el suelo y la partición, para ello se colocará en su base un sellado de un material elástico, como por ejemplo, un cordón de silicona.
10. La ejecución de los elementos singulares, como instalaciones que atraviesan los forjados o los pilares deben hacerse de tal forma que los elementos rígidos del “suelo flotante” no entren en contacto con estos elementos.

RECOMENDACIONES

- Si se produce una rotura o desgarró del material aislante a ruido de impactos, se deberá cubrir con el mismo producto de forma que se evite la comunicación directa entre el suelo flotante y el forjado original.
- Si existen instalaciones por el suelo, se recomienda que estas vayan por encima de la lana mineral. En caso de imposibilidad, dichas instalaciones deberán estar revestidas de un material elástico que evite su contacto directo con el forjado y con la solera. Igualmente, deberá evitarse todo contacto directo entre la solera y el forjado o losa.
- Es recomendable instalar un mallazo antes de ejecutar la solera para evitar la fisuración de la misma.
- Se recomienda que el espesor de la capa de mortero sea de al menos 5-6 cm. y adecuada al tipo de material aislante a ruido de impactos empleado.
- Instalar el material aislante a ruido de impactos en la fecha más próxima posible a la ejecución de la solera, para evitar su deterioro por el paso de oficios, instalaciones, otras labores que se lleven a cabo en el edificio...etc.
- A los pilares se les colocará una banda perimetral elástica.
- Si el solado se ejecuta después del trasdosado, se interpondrá un film protector entre el solado y las placas de yeso laminado, de tal forma que se evite que la humedad entre en contacto con las placas de yeso.

A EVITAR

- Comunicación directa entre la capa de mortero y los cerramientos verticales y pilares.
- Comunicación directa entre la solera y el forjado.
- Que la solera no tenga el espesor que se indica en proyecto.
- Que la lana mineral, no tenga las características que se indican en proyecto.
- Que la solera entre en contacto con la LM, por una mala instalación del material impermeable que la protege.

4.2.2.4. Huecos: ventanas y puertas.**EJECUCIÓN**

1. Se colocará el premarco y/o marco en una de las hojas de la fachada según se indique en proyecto, teniendo especial precaución en no dejar más apertura de la necesaria para su colocación.
2. Se sellarán con un material adecuado todas las posibles holguras existentes entre el premarco y/o marco y el cerramiento ciego de la fachada, debiendo rellenarse completamente toda la holgura (espesor del cerramiento de fachada), no sólo superficialmente.
3. Se instalará la ventana o puerta y en su caso se sellarán las holguras entre el marco y el premarco con un material elástico, cubriendo todo el espesor del marco.
4. Se colocarán los acabados previstos en el perímetro de la ventana o puerta.

Observaciones:

- Es vital que las uniones entre el precerco y la fábrica y de los cercos de la carpintería a la fábrica se sellen, de tal forma que la solución sea lo más estanca posible.
- En caso de que la ventana lleve una caja de persiana con persiana, se seguirán los mismos pasos que se han indicado anteriormente.

RECOMENDACIONES:

- Ajustar las dimensiones del hueco donde se instalará la ventana o puerta a las dimensiones que vaya a tener ésta. No hacer huecos mucho más grandes que las dimensiones de la ventana o puerta.
- En las fachadas de dos hojas, es recomendable que la carpintería se apoye en una sólo de las hojas.

- Utilizar cajas de persiana prefabricadas, y si es posible, con un material absorbente acústico en la cámara.

Procurar en el diseño que en la zona de la cajonera de la persiana, ésta no sea el único elemento de separación entre el interior el exterior del recinto.

- Las pequeñas rendijas pueden taparse preferentemente a base de silicona. Si la anchura de la junta es superior a 5 mm, debe aplicarse previamente material de relleno. Este puede ser espuma sintética, celular y comprimible o un perfil de junta.
- La importancia de la elección del vidrio.
 - En los vidrios monolíticos, el índice de aislamiento acústico a ruido aéreo aumenta con el espesor del vidrio. Aunque aumenta el peso del vidrio, el aislamiento térmico prácticamente no varía.
 - Los acristalamientos dobles tienen mejor aislamiento acústico cuando sus hojas son asimétricas y cuanto mayor es el espesor de los vidrios.
 - Los vidrios laminados tienen mayor aislamiento acústico que los vidrios monolíticos del mismo espesor, permitiendo un aumento en la pérdida de transmisión de hasta 5 dB en algunas frecuencias.
 - Los vidrios laminados acústicos tienen mejor aislamiento acústico que los vidrios laminados tradicionales de la misma composición.

A EVITAR:

- No rellenar completamente las holguras entre marco y/o premarco con los cerramientos de fachada.
- No rellenar completamente las holguras entre el marco y el premarco.
- No ajustar adecuadamente las ventanas con su marco, o entre hojas.
- Deterioro de los posibles burletes de las ventanas.
- No instalar material absorbente acústico en la caja de persiana o hueco de persiana, si así se indicaba en proyecto.

Todas estas especificaciones quedarán recogidas en unas fichas de control de ejecución, que se deberán llevar a cabo en obra. Dichas fichas quedan expuestas en el Capítulo siguiente, Plan de control.

CAPÍTULO V PLAN DE CONTROL.

5.1. Control de recepción en obra de productos.

EL DB HR estipula que cada uno de los proyectos que se desarrollen han de ir indicadas todas las condiciones particulares de control para la recepción de los productos que forman los elementos constructivos, incluyendo los ensayos necesarios para comprobar que los mismos reúnen las características exigidas en los apartados anteriores.

Deberá comprobarse por tanto que, los productos recibidos:

- a) corresponden a los especificados en el pliego de condiciones del proyecto;
- b) disponen de la documentación exigida;
- c) están caracterizados por las propiedades exigidas;
- d) han sido ensayados, cuando así se establezca en el pliego de condiciones o lo determine el director de la ejecución de la obra, con la frecuencia establecida.

En el control se seguirán los criterios indicados en el artículo 7.2 de la Parte I del CTE, el cual se expone a continuación:

Control de recepción en obra de productos, equipos y sistemas

1. El control de recepción tiene por objeto comprobar que las características técnicas de los productos, equipos y sistemas suministrados satisfacen lo exigido en el proyecto. Este control comprenderá:

- el control de la documentación de los suministros. Los suministradores entregarán al constructor, quien los facilitará al director de ejecución de la obra, los documentos de identificación del producto exigidos por la normativa de obligado cumplimiento y, en su caso, por el proyecto o por la dirección facultativa. Esta documentación comprenderá, al menos, los siguientes documentos:
 - los documentos de origen, hoja de suministro y etiquetado;
 - el certificado de garantía del fabricante, firmado por persona física; y
 - los documentos de conformidad o autorizaciones administrativas exigidas reglamentariamente, incluida la documentación correspondiente al marcado CE de los productos de construcción, cuando sea pertinente, de acuerdo con las disposiciones que sean transposición de las Directivas Europeas que afecten a los productos suministrados.

- el control mediante distintivos de calidad o evaluaciones técnicas de idoneidad. El suministrador proporcionará la documentación precisa sobre:
 - los distintivos de calidad que ostenten los productos, equipos o sistemas suministrados, que aseguren las características técnicas de los mismos exigidas en el proyecto y documentará, en su caso, el reconocimiento oficial del distintivo de acuerdo con lo establecido en el artículo 5.2.3;
 - las evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto de productos, equipos y sistemas innovadores, de acuerdo con lo establecido en el artículo 5.2.5, y la constancia del mantenimiento de sus características técnicas.

El director de la ejecución de la obra verificará que esta documentación es suficiente para la aceptación de los productos, equipos y sistemas amparados por ella.

- el control mediante ensayos. Para verificar el cumplimiento de las exigencias básicas del CTE puede ser necesario, en determinados casos, realizar ensayos y pruebas sobre algunos productos, según lo establecido en la reglamentación vigente, o bien según lo especificado en el proyecto u ordenados por la dirección facultativa. La realización de este control se efectuará de acuerdo con los criterios establecidos en el proyecto o indicados por la dirección facultativa sobre el muestreo del producto, los ensayos a realizar, los criterios de aceptación y rechazo y las acciones a adoptar.

El control de recepción de los materiales se llevará a cabo mediante la cumplimentación de una ficha como la que se muestra en la siguiente figura:

CAPÍTULO V: PLAN DE CONTROL

Aplicación del documento básico CTE DB-HR Protección frente al ruido al Aulario de planta nueva en el Albaicín (Granada)

ACTIVIDAD			LOCALIZACIÓN				DOCUMENTACIÓN			RESULTADO		
FASE	PUNTO DE INSPECCIÓN	PROYECTO	MEDICIÓN			RESPONSABLE	NORMATIVA- DOCUMENTACIÓN REFERENCIA	ESPECIFICACIÓN	ACEPTACIÓN	RECHAZO	OBSERVACIONES	
			FRECUENCIA INSPECCIÓN	NÚMERO DE INSPECCIONES	TIPO DE INSPECCIÓN							
SUMINISTRO	Son completos los albaranes u hojas de suministro de los materiales		Uno por recepción de material		Documental/Visual	Director de ejecución/Jefe de obra	PLEGO DE CONDICIONES GENERALES	Las cajas deben llevar impresa una letra y un número que indican la calidad y el tipo de fabricación del producto.				
	Se dispone de Certificado de Origen Industrial		Uno por recepción de material		Documental/Visual	Director de ejecución/Jefe de obra	PLEGO DE CONDICIONES GENERALES Y FABRICANTE	Debe acreditarse el cumplimiento de las normas y disposiciones en vigor, de manera que a su recepción en obra solo se deban comprobar sus características aparentes.				
	Se dispone de los certificados de calidad de los materiales		Uno por recepción de material		Documental/Visual	Director de ejecución/Jefe de obra	PLEGO DE CONDICIONES GENERALES	Comprobar si el material tiene marcado CE				
	Se dispone de una zona de acopio y se almacenan los materiales correctamente		Uno por recepción de material		Documental/Visual	Director de ejecución/Jefe de obra	PLEGO DE CONDICIONES GENERALES	Se dispondrá una zona de acopio para el material				
	El material recibido dispone de parte de recepción.		Uno por recepción material		Documental/Visual	Director de ejecución/Jefe de obra	PLEGO DE CONDICIONES GENERALES Y FABRICANTE	Todos los materiales suministrados estarán homologados y cumplirán con lo especificado en las normas UNE correspondientes.				
CONTROL DE RECEPCIÓN DE MATERIALES	Vienen acompañadas de documento de idoneidad técnica (puertas y ventanas)		Uno por recepción de material		Visual	Jefe de obra	ITE- FCA- FCH- FCI- FCL- FCM- FCP- FVP	En el DDO recibido debe aparecer la descripción del producto, los componentes del sistema, los controles y las condiciones de almacenamiento. Así como el proceso de su puesta en obra				
	Denominación Obra										Dirección Ejecutiva	
Responsable											Nombre	
											Fecha	
											Firma	

5.2. Control de la ejecución

El control de la ejecución de las obras se realizará de acuerdo con las especificaciones del proyecto, sus anexos y las modificaciones autorizadas por el director de obra y las instrucciones del director de la ejecución de la obra, conforme a lo indicado en el artículo 7.3 de la Parte I del CTE y demás normativa vigente de aplicación. Según este artículo:

1. Durante la construcción, el director de la ejecución de la obra controlará la ejecución de cada unidad de obra verificando su replanteo, los materiales que se utilicen, la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, así como las verificaciones y demás controles a realizar para comprobar su conformidad con lo indicado en el proyecto, la legislación aplicable, las normas de buena práctica constructiva y las instrucciones de la dirección facultativa. En la recepción de la obra ejecutada pueden tenerse en cuenta las certificaciones de conformidad que ostenten los agentes que intervienen, así como las verificaciones que, en su caso, realicen las entidades de control de calidad de la edificación.
2. Se comprobará que se han adoptado las medidas necesarias para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos.
3. En el control de ejecución de la obra se adoptarán los métodos y procedimientos que se contemplen en las evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto de productos, equipos y sistemas innovadores previstas.

Se comprobará que la ejecución de la obra se realiza de acuerdo con los controles establecidos en el pliego de condiciones del proyecto y con la frecuencia indicada en el mismo.

Se incluirá en la documentación de la obra ejecutada cualquier modificación que pueda introducirse durante la ejecución, sin que en ningún caso dejen de cumplirse las condiciones mínimas señaladas en este Documento Básico.

La guía de aplicación del DB HR Protección frente al ruido facilita unas fichas para llevar a cabo un control exhaustivo de la ejecución de los elementos constructivos que intervengan.

<div style="text-align: right;">Ficha CTRL-ESV-1</div> <div style="text-align: right;">CONTROL DE EJECUCIÓN.</div>			
ELEMENTO DE SEPARACIÓN VERTICAL EXTERIOR TIPO 1.			
Obra:		Fecha:	
Recinto:			
Condiciones.	Si	No	Observaciones
Antes de la ejecución.			
Los materiales que componen el cerramiento se encuentran en perfecto estado.			
Las superficies están limpias y se ha procedido al tapado de huecos o juntas que haya tanto en los cerramientos verticales como en los horizontales garantizando así la estanqueidad del recinto.			
Durante la ejecución.			
Se humedecerán los bloques Termoarcilla®-PROCERAN y se colocarán machihembrados sin mortero conservando una distancia mínima entre dos hiladas consecutivas de 7cm.			
La capa de mortero continua aplicada bajo la primera hilada de bloques compensa las irregularidades del forjado.			
El espesor de las juntas horizontales de mortero oscila entre 1-1,5cm.			
Los encuentros con pilares se realizan según las condiciones expuestas en el pliego de condiciones del presente proyecto.			
Se aplica el monocapa con la fachada humedecida y según recomendaciones del fabricante.			
Distancia entre el elemento base y el trasdosado de al menos 1cm			
Se han limpiado las rebabas asegurándose que no se forman conexiones entre los dos elementos.			
El acabado de las hojas de fábrica es el que se especifica en el proyecto: Enlucido, enfoscado, etc.			
Se colocan las instalaciones después del absorbente acústico.			
Se emplean absorbentes acústicos de densidad baja o media (de 10 a 70 kg/m3) que permitan el amoldamiento de los conductos sin deteriorarse.			
Las placas van contrapeadas y sobre elevadas 1,5 cm del nivel del suelo.			
Se utilizan envolventes elásticas siempre que atraviesen un elemento de separación y se sellan las holguras entre los pasamuros y los elementos de separación.			
En el caso de existir instalaciones dispuestas en rozas dentro del elemento base, deben retacarse con mortero todas las rozas realizadas e intentar que las instalaciones discurran entre las perfilera.			
Las placas solo van perforadas en los puntos de salida de instalaciones.			
EL absorbente acústico es totalmente continuo y no presenta roturas.			
Las cajas de mecanismos eléctricos no son pasantes a ambos lados de la partición.			
Después de la ejecución.			
Se ha rematado la junta entre los enlucidos con cinta de papel microperforada o algún material similar.			
Las molduras (si las hubiese) se han fijado solamente al forjado o solamente a la partición vertical.			
Otros			

<div style="text-align: right;">Ficha CTRL-ESV-2.</div> <div style="text-align: right;">CONTROL DE EJECUCIÓN.</div>			
ELEMENTO DE SEPARACIÓN VERTICAL INTERIOR TIPO 3.			
Obra: Recinto:			Fecha:
Condiciones.	Si	No	Observaciones
Antes de la ejecución.			
Los materiales que componen el cerramiento se encuentran en perfecto estado.			
Las superficies están limpias y se ha procedido al tapado de huecos o juntas que haya tanto en los cerramientos verticales como en los horizontales garantizando así la estanqueidad del recinto.			
Durante la ejecución.			
Se han colocado las bandas de estanquidad en suelo y techo, previamente a la colocación de los canales.			
Se han colocado las bandas de estanquidad en los encuentros con paredes laterales y pilares, previamente a la colocación de los montantes de arranque.			
Las instalaciones se llevan por dentro de la perfilería, y se emplean piezas específicas para el tendido de las mismas.			
El absorbente acústico es de un ancho adecuado a los montantes utilizados.			
El material absorbente cubre toda la superficie del tabique, no existiendo roturas ni deterioros.			
El elemento intermedio, ya sea una placa de yeso laminado o una lámina metálica, se instala según se indica en proyecto.			
La segunda fase de placas de yeso laminado se ha anclado de forma contrapeada con respecto a la fase anterior.			
Se han tratado las de juntas y se han plastecido los tornillos de cada fase.			
Se han tratado con pasta de yeso y cinta de juntas los encuentros entre las placas de yeso y el forjado o las particiones a las que éstas acometen.			
Después de la ejecución.			
Las cajas de derivación y las de los mecanismos eléctricos (enchufes, interruptores...etc.) son apropiadas para las placas de yeso laminado.			
Otros			

<div style="text-align: right;">Ficha CTRL-ESV-3.</div> <div style="text-align: right;">CONTROL DE EJECUCIÓN.</div>			
ELEMENTO DE SEPARACIÓN VERTICAL INTERIOR TIPO 3.			
Obra: Recinto:		Fecha:	
Condiciones.	Si	No	Observaciones
Antes de la ejecución.			
Los materiales que componen el cerramiento se encuentran en perfecto estado.			
Las superficies están limpias y se ha procedido al tapado de huecos o juntas que haya tanto en los cerramientos verticales como en los horizontales garantizando así la estanqueidad del recinto.			
Durante la ejecución.			
La banda de estanquidad cubre toda la superficie de apoyo de los canales.			
Se han colocado las bandas de estanquidad en los encuentros laterales con elementos de fábrica y pilares.			
Las instalaciones se llevan por dentro de la perfilería.			
El material absorbente cubre toda la superficie del tabique, no existiendo roturas ni deterioros.			
Los encuentros con otros cerramientos de separación con otra unidad de uso se realizan según se indica en proyecto.			
Si sólo se coloca una placa de yeso laminado por cada lado de la perfilería, éstas se han colocado contrapeadas a ambos lados de la misma.			
Se han tratado las juntas entre las placas de yeso con pasta de juntas y cintas de papel o malla.			
En caso de colocarse dos o más fases de placas de yeso, la segunda fase se ha anclado de forma contrapeada con respecto a la fase anterior.			
En caso de colocarse dos o más fases de placas de yeso, se han tratado las de juntas y plastecido de tornillos de cada fase.			
Después de la ejecución.			
Los acabados de juntas y encuentros perimetrales se han realizado correctamente.			
Las cajas de derivación y las de los mecanismos eléctricos (enchufes, interruptores...etc.) son apropiadas para las placas de yeso laminado.			
Otros			

<div style="text-align: right;">Ficha CTRL-ESV-4.</div> <div style="text-align: right;">CONTROL DE EJECUCIÓN.</div>			
ELEMENTO DE SEPARACIÓN VERTICAL INTERIOR TIPO 2.			
Obra: Recinto:			Fecha:
Condiciones.	Si	No	Observaciones
Antes de la ejecución.			
Los materiales que componen el cerramiento se encuentran en perfecto estado.			
Las superficies donde se colocan las bandas elásticas están limpias y sin imperfecciones significativas.			
Durante la ejecución.			
Las llagas y los tendeles de la primera hoja se han realizado correctamente. (No pasa la luz).			
Se han limpiado las rebabas asegurándose que no se forman conexiones entre las dos hojas.			
El material absorbente acústico cubre toda la superficie de la primera hoja y no ha sufrido roturas, ni desperfectos			
Las bandas elásticas son de un ancho de al menos 4 cm mayor que el ancho de la hoja de fábrica.			
Se han colocado las bandas elásticas en el suelo y en los cerramientos laterales (fachada, pilares, etc.), mediante la aplicación de pastas o morteros adecuados.			
La banda elástica sobresale al menos 1 cm hacia el recinto respecto a la capa de revestimiento que vayan a tener la hoja con hacia el recinto.			
Las llagas y los tendeles de la segunda hoja se han realizado correctamente.			
Las rozas realizadas no son pasantes a ambos lados del elemento de separación.			
Las rozas se han retacado con mortero.			
Se siguen las recomendaciones del pliego de condiciones del presente proyecto.			
El material de agarre empleado para el macizado de las instalaciones no crea una unión entre la hoja de fábrica que lleva bandas elásticas y los forjados superior e inferior que pueda crear transmisiones entre estos elementos.			
Las cajas de mecanismos eléctricos no son pasantes a ambos lados de la partición.			
Después de la ejecución.			
Se ha rematado la junta entre los enlucidos con cinta de papel microperforada o algún material similar.			
Las molduras (si las hubiese) se han fijado solamente al forjado o solamente a la pared (al menos en el lado de la hoja de fábrica con bandas elásticas)			
Otros			

<div style="text-align: right;">Ficha CTRL-ESH-1</div> <div style="text-align: right;">CONTROL DE EJECUCIÓN.</div> <div>ELEMENTO DE SEPARACIÓN HORIZONTAL. SUELO FLOTANTE LM.</div>			
Obra: Recinto:			Fecha:
Condiciones.	Si	No	Observaciones
Antes de la ejecución.			
Los materiales que componen el suelo flotante se encuentran en perfecto estado.			
Los cerramientos verticales que delimitan cada unidad de uso están ejecutados, o si son de fábrica, se han ejecutado al menos las 2 primeras hiladas.			
La superficie del forjado está limpia, seca y sin irregularidades significativas.			
Durante la ejecución.			
Si en el proyecto las instalaciones van bajo el material aislante a ruido de impactos, se ha colocado una capa niveladora de arena, mortero pobre, etc.			
Los paneles de LM se han colocado a tope y cubren toda la superficie del forjado, así como el zócalo perimetral.			
El zócalo perimetral de material aislante a ruido de impactos sobresale al menos 5 cm por encima de la altura de la solera que se va a instalar.			
El film plástico cubre toda la superficie del suelo, así como el zócalo perimetral.			
Antes de verter la solera de mortero, la superficie del film se ha colocado a mata juntas y no sufre roturas, además se comprueba que el mallazo está dispuesto correctamente.			
La capa de mortero tiene el espesor definido en proyecto.			
Las instalaciones que van por el suelo no están en contacto directo con el forjado.			
La solera de mortero no entra en contacto directo con los cerramientos verticales.			
Los pilares contiene una banda perimetral elástica.			
Después de la ejecución.			
La solera y el acabado de suelo final no están en contacto directo con cerramientos verticales de separación de distinta unidad de uso, fachadas, y/o pilares.			
Otros			

<div style="text-align: right;">Ficha CTRL-ESH-2.</div> <div style="text-align: right;">CONTROL DE EJECUCIÓN.</div>			
ELEMENTO DE SEPARACIÓN HORIZONTAL. FALSO TECHO.			
Obra: Recinto:		Fecha:	
Condiciones.	Si	No	Observaciones
Antes de la ejecución.			
Ya están ejecutados todos los cerramientos verticales que delimitan el recinto, y estos llegan hasta el forjado Dichos cerramientos verticales deben tener el revestimiento que se indica en proyecto, incluso en la zona que va a quedar tapada por el techo suspendido.			
Los materiales que componen el techo suspendido se encuentran en perfecto estado.			
Durante la ejecución.			
La perfilería o elementos de fijación del techo suspendido se colocan amortiguados tal y como se indica en proyecto.			
En caso de que se contemple en proyecto, se coloca un material absorbente en el plenum que cubre toda la superficie del techo y sube hasta el forjado por todos los lados perimetrales además de tener el espesor especificado.			
Se colocan las placas del techo suspendido formando el plenum que se indicaba en el proyecto (distancia entre placas y techo original).			
Los conductos de instalaciones no reposan sobre las placas de yeso laminado.			
Se han tratado las juntas entre las placas de yeso con pasta de juntas y cintas de papel o malla. No existen roturas en las placas.			
En caso de colocarse dos o más fases de placas de yeso, la segunda fase se ha anclado de forma contrapeada con respecto a la fase anterior.			
El falso techo de acondicionamiento se aplica en todas las estancias que especifica el proyecto.			
Las dimensiones del plenum y de la lana mineral del falso techo de acondicionamiento cumplen con las exigidas en proyecto.			
Después de la ejecución.			
Las perforaciones para el paso de instalaciones se ejecutan únicamente en el punto de salida y según se indica en proyecto.			
Las cajas los mecanismos eléctricos y luminarias son apropiadas para las placas de yeso laminado.			
Otros			

<div style="text-align: right;">Ficha CTRL-H-V</div> <div style="text-align: right;">CONTROL DE EJECUCIÓN.</div>			
HUECOS. VENTANAS.			
Obra:		Fecha:	
Recinto:			
Condiciones.	Si	No	Observaciones
Antes de la ejecución.			
El hueco de la ventana no es mucho mayor que las dimensiones de la ventana.			
Los marcos, premarcos y ventanas se encuentran en perfecto estado y no les falta ninguno de sus componentes (burletes, etc...)			
Las ventanas tienen las características que se indican en el proyecto (dimensiones, burletes, espesores del acristalamiento, etc...)			
Durante la ejecución.			
Los marcos y/o premarcos se fijan adecuadamente, según se indique en proyecto.			
Las holguras y fisuras entre el cerramiento de fachada y los marcos y/o premarcos se rellenan totalmente (se rellena el ancho del premarco) con un material sellante adecuado.			
Las holguras y fisuras entre el marco y el premarco se rellenan totalmente (se rellena el ancho del marco) con un material sellante adecuado.			
Las ventanas no sufren golpes en su instalación, ni presentan alabeos que eviten su colocación adecuada.			
Las cajas de persiana tienen un material absorbente acústico en la cámara, si así se contempló en proyecto.			
Después de la ejecución.			
Comprobar que no se ha deteriorado ninguno de los componentes de las ventanas, especialmente los burletes, juntas perimetrales, etc.			
Comprobar que las ventanas ajusten bien y que no existan fisuras en su superficie.			
Comprobar que no haya fisuras y que se han sellado adecuadamente las holguras entre marco y/o premarco con los cerramientos de fachada.			
Otros			

<div style="text-align: right;">Ficha CTRL-H-P.</div> <div style="text-align: right;">CONTROL DE EJECUCIÓN.</div>			
HUECOS. PUERTAS.			
Obra: Lote/nº pedido: Características de la puerta (espesor/tipo): Lugar de uso:			Fecha:
Condiciones.	Si	No	Observaciones
Recepción.			
Las puertas se encuentran en buen estado a su recepción.			
Llegan todos sus componentes (puertas, marcos,...).			
Las características físicas de la puerta se corresponden con las indicadas en el pedido y en el proyecto (espesor, tipo, juntas de estanqueidad, burletes, etc...)			
Almacenamiento.			
Las puertas, hasta su uso final, se protegen de posibles golpes, lluvia y/o humedad en su lugar de almacenamiento.			
El lugar de almacenamiento no es un lugar de paso de oficios que puedan dañar las puertas.			
Las puertas no se desprotegen hasta el momento en que se vayan a emplear.			
Se desplazan a la zona de ejecución justo antes de ser instaladas.			
Otros			

5.3. Control de la obra terminada

Dicho control se seguirá según los criterios indicados en el artículo 7.4 de la Parte I del CTE, el cual determina lo siguiente:

- En la obra terminada, bien sobre el edificio en su conjunto, o bien sobre sus diferentes partes y sus instalaciones, parcial o totalmente terminadas, deben realizarse, además de las que puedan establecerse con carácter voluntario, las comprobaciones y pruebas de servicio previstas en el proyecto u ordenadas por la dirección facultativa y las exigidas por la legislación aplicable.

En el caso de que se realicen mediciones in situ para comprobar las exigencias de *aislamiento acústico a ruido aéreo*, de *aislamiento acústico a ruido de impactos* y de limitación del *tiempo de reverberación*, se realizarán por laboratorios acreditados y conforme a lo establecido en las UNE EN ISO 140-4 y UNE EN ISO 140-5 para ruido aéreo, en la UNE EN ISO 140-7 para ruido de impactos y en la UNE EN ISO 3382 para *tiempo de reverberación*. La valoración global de resultados de las mediciones de aislamiento se realizará conforme a las definiciones de diferencia de niveles estandarizada para cada tipo de ruido.

Para el cumplimiento de las exigencias de este DB se admiten tolerancias entre los valores obtenidos por mediciones in situ y los valores límites establecidos de 3 dBA para *aislamiento a ruido aéreo*, de 3 dB para *aislamiento a ruido de impacto* y de 0,1 s para *tiempo de reverberación*.

Mediciones in-situ de comprobación.

Como hemos visto, en el DB HR las exigencias de aislamiento acústico se establecen mediante índices que expresan el aislamiento acústico en el edificio terminado y pueden comprobarse mediante un ensayo de aislamiento acústico normalizado. El valor de esta medición es directamente comparable con el de la exigencia, comprobando así si cumple o no con lo establecido. Así ocurre con los índices $D_{nT,A}$, $D_{2m,nT,A}$ y $L'_{nT,w}$ que expresan aislamiento acústico a ruido aéreo procedente del interior, exterior y de impactos respectivamente.

Sólo en casos concretos, como en el caso de los elementos de separación verticales con puertas o ventanas entre dos recintos de distinta unidad de uso, el DB HR especifica exigencias a elementos constructivos en términos de índices de laboratorio, como el índice de reducción acústica ponderado A, R_A . Al ser este un parámetro de un ensayo en laboratorio no puede verificarse mediante mediciones in situ.

Dicho esto se explica a continuación como se procedería para realizar el ensayo in-situ, en cada uno de los casos.

Generalidades.

Hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones que se mantendrán de manera igualitaria tanto para el ruido aéreo entre recintos y el ruido aéreo de fachadas:

- Las mediciones in situ de aislamiento acústico a ruido aéreo deben realizarse en bandas de tercios de octavas (100-5000Hz).
- El sonido generado en el recinto emisor debe ser estacionario, y debe tener un espectro continuo en el rango de frecuencia considerado. El espectro sonoro en el recinto emisor no debe tener diferencias de nivel mayores de 6 dB entre bandas de tercio de octava adyacentes.
- La potencia sonora debería ser lo suficientemente alta como para que el nivel de presión sonora en el recinto receptor sea, al menos, 10 dB más alto que el nivel de ruido de fondo en cualquier banda de frecuencia, aunque se permite que la diferencia se sitúe entre 6 y 10 dB. Si la diferencia de niveles es menor o igual a 6 dB en cualquiera de las bandas de frecuencia, se utiliza la corrección 1,3 dB correspondientes a una diferencia de 6 dB. En este caso, en el informe se indicará claramente que los D_n , D_{nT} o R' dados son un límite de la medición.
- Deberá situarse la fuente sonora de tal forma que se cree un campo sonoro difuso

5.3.1. Medición in situ del aislamiento a ruido aéreo entre recintos; UNE EN ISO 140-4:1999

El aislamiento a ruido aéreo se ha realizado según las especificaciones de la norma UNE-EN ISO 140-4 “Medición in situ del aislamiento al ruido aéreo entre locales”.

Índice a evaluar.

Según el CTE-DB-HR, el índice a evaluar es la Diferencia de Niveles Estandarizada $D_{nT,A}$, ponderada A, en dBA, entre el recinto emisor y el recinto receptor.

$$D_{nT,A} = L_1 - L_2 + 10 \log (T_2/T_0)$$

Donde:

L_1 es el nivel de presión acústica medio en el recinto emisor.

L_2 es el nivel de presión acústica medio en el recinto receptor.

T_2 es el tiempo de reverberación en el recinto receptor.

T_0 es el tiempo de reverberación de referencia.

Ensayos a realizar.

- Local emisor (L_1)

Se tendrán como mínimo dos posiciones de fuente (entre ellas separadas como mínimo 1,40m) y 5 posiciones de micrófono para cada una de ellas, teniendo en total 10 medidas. A la hora de colocar el micrófono se debe de estar seguro de la existencia de campo difuso, esto es que no afecte la componente directa sobre las reflejadas, separándolo más de 0,50 m de las paredes y objetos difusores. La distancia mínima entre el altavoz y el micrófono debe ser de 1m, y entre dos posiciones cualesquiera entre micrófonos no debe de haber menos de 0,70m. El periodo mínimo de las medidas es de 6s (hasta que se estabilice la señal).

- Local receptor (L_2)

Se procederá de igual modo que en local emisor, con la fuente emisora encendida en dos posiciones diferentes, y para 5 posiciones de micrófono en cada una de ellas, obteniendo por tanto 10 medidas de L_{eq} . El periodo mínimo de las medidas es de 6s (hasta que se estabilice la señal).

- Tiempo de reverberación.

La evaluación del tiempo de reverberación a partir de la curva de caída, empezará alrededor de 0,1 segundo después que la fuente sonora haya sido desconectada.

El número mínimo de mediciones requerido para cada banda de frecuencias es de seis. Se deberá utilizar, al menos, una posición de altavoz y tres posiciones de micrófono con dos lecturas en cada caso, configurándose el equipo para medir el TR 20.

Todas ellas estarán entre 1,2 y 1,5 m de altura y alejadas más de 0,5 m de las paredes laterales, 0,7 m entre ellas y 1 m de la fuente sonora.

En caso de imposibilidad física para cumplir estos requisitos, estas posiciones se ubicarán en la zona centro del recinto.

- Ruido de fondo.

Se realizaran mediciones del ruido de fondo en el local receptor, esto es, sin funcionar la fuente emisora, también en 5 posiciones diferentes.

El nivel de ruido de fondo debe ser, al menos, 6 dB (preferiblemente mayor a 10 dB). Si la diferencia es menor de 10 dB pero mayor que 6 dB, se calculan las correcciones.

Instrumentación empleada.

- Fuente de ruido Brüel & Kjaer tipo 4296, con nº de serie 2364350.



- Analizador de espectros Brüel & Kjaer tipo 2260, con nº de serie 2131659, previamente verificado.



- Calibrador/verificador *Brüel & Kjær* tipo 4231, con nº de serie 2272197.



- Termoanemómetro Skymaster con nº de serie 9201283.



Expresión de resultados.

Para el informe del aislamiento acústico al ruido aéreo entre recintos, se deberán dar los valores de la diferencia de niveles normalizada D_n , la diferencia de niveles estandarizada D_{nT} o el índice de reducción sonora aparente R' , para todas las frecuencias de medida con una cifra decimal, de forma tabular y en forma gráfica. Las gráficas en el informe del ensayo, deberán mostrar el valor en decibelios dibujado en función de la frecuencia, ésta última en escala logarítmica.

El parámetro de medida utilizado para la determinación del aislamiento a ruido aéreo ha sido el índice de reducción sonora aparente R' siendo:

$$R' = L_1 - L_2 + 10 \log (S/A)$$

Donde:

L_1 = Nivel de Presión Sonora en el local emisor.

L_2 = Nivel de Presión Sonora en el local receptor.

S = Área del elemento separador.

A = Área de absorción acústica equivalente en el recinto receptor.

A partir de la curva de aislamiento en frecuencias del índice de reducción sonora aparente R' , he calculado el índice de reducción sonora aparente ponderado R'_w , según la norma UNE-EN ISO 717-1, pero sin aplicar las correcciones.

Dicho ensayo quedará registrado en un informe que debe acompañar al proyecto. Este informe contendrá:

- una referencia a esta parte de la Norma ISO 140;
- nombre del laboratorio que ha llevado a cabo la medición;
- nombre y dirección de la organización o persona que ordenó el ensayo (cliente);
- fecha del ensayo;
- descripción e identificación del tipo de construcción del edificio y de la disposición del ensayo;
- volúmenes de ambos recintos;
- la diferencia de niveles normalizada D_n o la diferencia de niveles estandarizada D_{nT} entre los recintos o el índice de reducción sonora aparente R' del elemento separador en función de la frecuencia, el que sea más apropiado en cada caso;
- el área S empleada para la evaluación de R' ;
- una breve descripción de los detalles del procedimiento y del equipo;
- indicaciones de los resultados que deben ser tomados como límites de la medida. Deberán ser dados como D_n , D_{nT} o R' dB. Esto se debe aplicar cuando el nivel de presión sonora en alguna banda no es medible a causa del ruido de fondo.
- las transmisiones indirectas [si se han medido] de la misma forma que R' . Debería indicarse claramente qué parte o partes de la potencia sonora transmitida está incluida en la medida de las transmisiones indirectas.

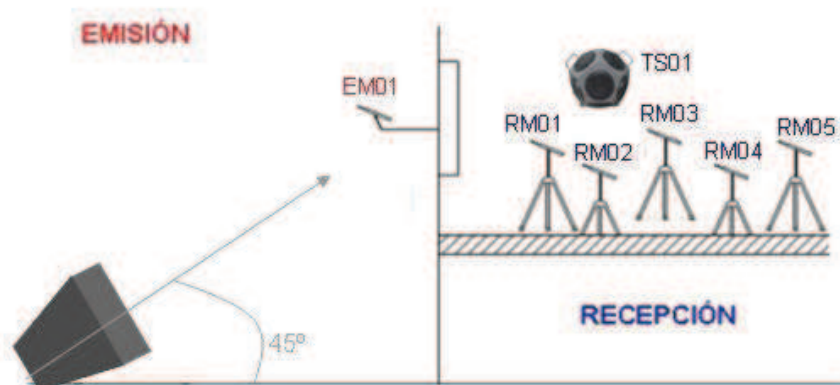
5.3.2. Medición in situ del aislamiento a ruido aéreo en fachada; UNE EN ISO 140-5:1999.

Debe elegirse una posición del altavoz y una distancia d a la fachada de manera que minimice la variación del nivel de presión sonora sobre la muestra en ensayo. Esto implica que la fuente sonora se coloque preferiblemente en el suelo. Como alternativa, se puede colocar la fuente tan alto del suelo como sea posible.



La distancia r desde la fuente sonora al centro de la muestra debe ser como mínimo de 5 metros ($d > 3,5$ metros) para el método para elementos siendo el ángulo de incidencia sonora debe ser de $(45 \pm 5)^\circ$.

Se realizaron 5 tomas de micrófono dentro del local receptor y tras cada medida de nivel recibido su medida de nivel de fondo correspondiente. Para determinar el nivel de emisión se situó el micrófono a 2m de la fachada o 1m de la balaustrada según el caso y se tomaron también un total de 5 medidas.



Por último, se tomaron 6 medidas de tiempo de reverberación en el interior del local receptor como se indica en la Norma.

El parámetro de medida que he utilizado para la determinación del aislamiento a ruido aéreo de fachada ha sido la diferencia de niveles estandarizada DnT siendo:

$$DnT = L1 - L2 + 10 \log (T/T0)$$

donde:

L1= Nivel de Presión Sonora en el local emisor.

L2= Nivel de Presión Sonora en el local receptor.

T= Tiempo de reverberación del local receptor.

T0= Tiempo de reverberación de referencia (0.5 s).

A partir de la curva de aislamiento en frecuencias de la diferencia de niveles estandarizada DnT, se obtiene la diferencia de niveles estandarizada ponderada DnT,w, según la norma UNE-EN ISO 717-1, pero sin aplicar las correcciones.

Dicho ensayo quedará registrado en un informe que debe acompañar al proyecto. Este informe contendrá:

- una referencia a esta parte de la Norma ISO 140;
- nombre de la organización que ha realizado la medición;
- identificación del lugar de ensayo (calle, urbanización etc.);
- nombre y dirección del peticionario, si existe;
- fecha de realización;
- descripción de la fachada o del elemento de fachada;
- volumen del local de recepción;
- área de la superficie de ensayo;
- índice de reducción sonora aparente, diferencia de niveles estandarizada, o diferencia de niveles normalizada, en función de la frecuencia y los correspondientes valores globales ponderados;
- información del ruido de fondo;
- indicación del método de ensayo seguido;
- indicación de cualquier desviación respecto a esta parte de la Norma ISO 140.

5.3.3. Medición in situ del aislamiento a ruido de impactos entre recintos; UNE-EN ISO 140-7:1999.

Se trata de evaluar la transmisión de ruido que produce un forjado, suelo, o revestimiento, al recinto inferior, cuando es golpeado por una máquina de impactos normalizada (Cilindros metálicos de determinado tamaño, golpean al suelo cayendo desde una altura prefijada y con una frecuencia también prefijada. De esta manera se consigue excitar al forjado el cual a su vez transmite ruido aéreo al local inferior).

El ruido emitido se considera normalizado y lo que registraremos será el valor de transmisión de este ruido al local inferior. (L2)

Los parámetros necesarios para evaluar el aislamiento son los mismos que para los ensayos ya comentados a excepción de L1 ya que se utiliza una máquina normalizada de impactos. (L2, B2, T2).

Procedimiento para el ensayo.

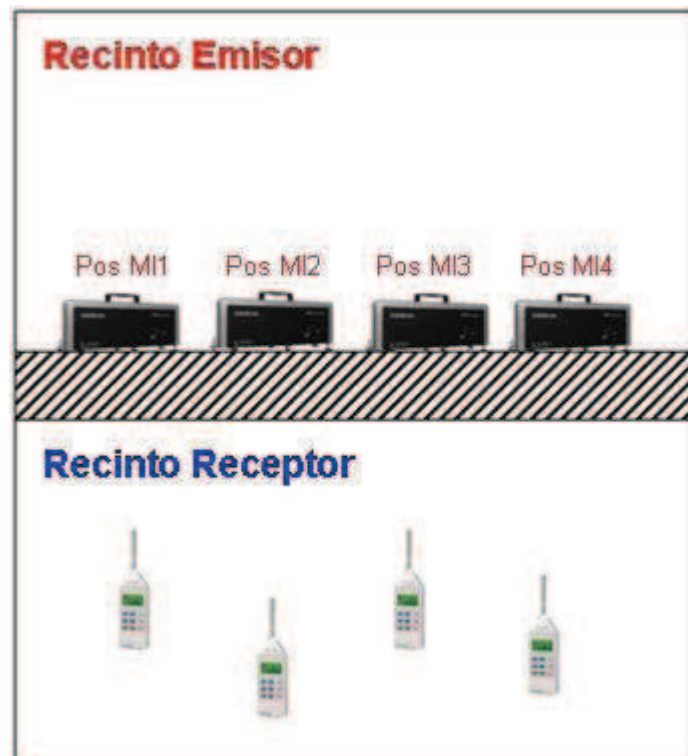
La máquina de impactos deberá ser colocada en al menos cuatro posiciones diferentes distribuidas de forma aleatoria sobre el suelo bajo ensayo. La distancia de la máquina de impactos a los bordes del suelo deberá ser al menos 0,5 metros, aunque en caso de suelos anisótropos (con nervaduras, vigas, etc.), puede ser necesario tomar más posiciones.



Los niveles de presión de ruido de impactos pueden mostrar una dependencia temporal al comenzar a funcionar la máquina de impactos. En tal caso las medidas no deberían comenzar hasta que el nivel de ruido se haga estacionario.

Si no se alcanzan condiciones estables después de 5 minutos, entonces las mediciones se deberán realizar durante un periodo de tiempo bien definido.

El número mínimo de medidas es de seis, y deberá utilizarse una combinación de al menos cuatro posiciones de micrófono y al menos cuatro posiciones de la máquina de impactos.



El número mínimo de mediciones requerido para cada banda de frecuencias para el tiempo de reverberación es de seis. Se deberá utilizar, al menos, una posición de altavoz y tres posiciones de micrófono con dos lecturas en cada caso.

Para el ruido de fondo se realizarán mediciones del ruido de fondo en el local receptor, esto es, sin funcionar la fuente emisora, también en 5 posiciones diferentes.

El aislamiento de un suelo a ruido de impactos se determina mediante el parámetro L'_{nT} (nivel de presión acústica a ruido de impactos estandarizado) que se define según la norma como:

$$L'_{nT} = L_i - 10 \log (T/T_0)$$

Siendo:

L_i = el espectro de ruido en el local receptor,

T = el tiempo de reverberación del local receptor

T_0 = tiempo de reverberación de referencia (0.5 s).

A partir de los valores de la curva de aislamiento (L'_{nT}) medida, se calcula el índice de aislamiento ponderado (L'_{nTw}), según la norma UNE-EN ISO 717- 2:1997.

Dicho ensayo quedará registrado en un informe que debe acompañar al proyecto. Este informe contendrá:

- una referencia a esta parte de la Norma ISO140;
- el nombre de la organización que ha realizado las mediciones;
- el nombre y la dirección de la organización o persona que ordenó el ensayo (cliente);
- la fecha del ensayo;
- la descripción e identificación de la edificación y de la disposición del ensayo;
- el volumen del recinto receptor;
- el nivel de ruido de impactos normalizado L_n o el nivel de ruido de impactos estandarizado L_{nT} en función de la frecuencia, lo que sea apropiado;
- breve descripción de los detalles del procedimiento y del equipo;
- indicaciones de los resultados que deben ser tomados como límites de la medida.
- las transmisiones indirectas (si se han medido) de la misma forma que L_n ; debería indicarse tan claramente como sea posible qué parte o partes del sonido transmitido están incluidos en la medida de las transmisiones indirectas.

5.3.4. Medición del tiempo de reverberación de un recinto. UNE EN ISO 3382.Procedimiento de ensayo.

El ensayo realizado, se ha elaborado aplicando las disposiciones y requisitos establecidos en la Norma *UNE-EN ISO 3382-2:2008 (Acústica. Medición de parámetros acústicos en recintos. Parte 2: Tiempo de reverberación en recintos ordinarios)*.

Metodología y parámetros del ensayo.

El grado de precisión o de exactitud elegido será el de ingeniería, en el que se realizarán mediciones del tiempo de reverberación para al menos dos posiciones de fuente una de ellas en la zona próxima a una esquina y otra en el centro y cinco combinaciones de fuente-micrófono independientes, siendo el rango de evaluación 20 dB.

Se medirá con un analizador B&K clase 1, modelo 2260, dos veces el tiempo de reverberación, realizando un promediando entre las dos caídas obtenidas.

Las distintas posiciones de micrófono se ubicarán al menos a 1,2 m de altura sobre el suelo y a más de 1 m de cualquier pared o superficie reflectante existente en el recinto, para evitar el efecto del campo próximo reverberante, debido a las ondas estacionarias o reflejadas. Entre las distintas posiciones de micrófono la distancia será de al menos 2 m.

La distancia mínima entre cualquiera de las posiciones de micrófono y las distintas posiciones de fuente será:

$$d_{\min} = 2 \sqrt{\frac{V}{cT}}$$

evitando así una influencia demasiado fuerte del sonido directo procedente de la fuente por encontrarse en el campo próximo a la misma.

donde:

V es el volumen, en m^3 ;
 c es la velocidad del sonido, en m/s;
 T es una estimación esperado, en s.

En cada posición de



del tiempo de reverberación

micrófono se medirá el

tiempo de reverberación en las bandas de tercio de octava comprendidas entre 100 y 5000 Hz, resultantes del promedio de las tres caídas de nivel sonoro producido en cada interrupción de fuente.

La duración de excitación del recinto deberá ser suficiente para que el campo acústico alcance un estado estacionario antes de apagar la fuente, en recintos grandes la duración de excitación será de al menos unos segundos.

Para obtener los valores promediados espacialmente en todo el recinto del tiempo de reverberación medido, se utilizará un promediado aritmético de los mismos.

Instrumentación empleada.

- Fuente de ruido *Brüel & Kjaer* tipo 4296, con nº de serie 2364350 en cuyo espectro de emisión están incluidas las frecuencias correspondientes a las bandas entre 100 y 5000 Hz.
- Analizador de espectros *Brüel & Kjaer* tipo 2260, con nº de serie 2131659, previamente verificado.
- Calibrador/verificador *Brüel & Kjaer* tipo 4231, con nº de serie 2272197.
- Termoanemómetro Skymaster con nº de serie 9201283.
- Trípodes y equipos auxiliares para la toma de medidas.

Resultados del tiempo de reverberación obtenidos.

Se reflejarán en forma tabular, los tiempos de reverberación promedio, en cada banda de frecuencia estudiada, para cada una de las posiciones de fuente, además de una gráfica con los valores promedio del TR para todo el recinto.

Dicho ensayo quedará registrado en un informe que debe acompañar al proyecto. Este informe contendrá:

- una declaración de que las mediciones se realizaron de acuerdo con esta parte de la norma ISO 3382;
- toda la información necesaria para identificar el recinto de ensayo;
- un esquema del recinto, con su escala;
- el volumen del recinto,
- el estado del recinto (muebles, número de personas presentes, etc.);
- únicamente para el método de precisión, la temperatura y la humedad relativa en el recinto durante la medición;
- el tipo de fuente acústica;
- una descripción de la señal acústica utilizada;
- el grado de precisión (control, ingeniería o precisión) incluyendo los detalles de las posiciones de fuente y micrófono, preferiblemente mostradas sobre el plano junto con una indicación de las alturas de las posiciones;
- una descripción del equipo de medición y de los micrófonos;
- el método utilizado para la evaluación de las curvas de decrecimiento, ya sea el de mejor ajuste calculado por los mínimos cuadrados, ya sea el de mejor ajuste visual.
- el método utilizado para promediar el resultado en cada posición.
- el método utilizado para promediar el resultado en todas las posiciones.
- la tabla con los resultados de medición;
- la fecha de medición y el nombre del organismo de medición.

5.3.5. Fichas de control de control de obra terminada.

Una manera de comprobar que la medición ha sido llevada a cabo según normativa y que cumple con los requisitos que esta determina, es cumplimentando unas fichas que facilita la Guía de Aplicación del DB HR y que se exponen a continuación:

Ficha CTRL-01-AER. CONTROL DE OBRA TERMINADA Medición in situ del aislamiento a ruido aéreo entre recintos			
Obra: Recinto emisor: Recinto receptor:	Fecha control/ensayo		
Condiciones.	Si	No	Observaciones
Ensayos			
El laboratorio que efectúa los ensayos está acreditado para la realización de ensayos según la norma UNE EN ISO 140-4:1999.			
El informe de ensayo está firmado por el director técnico Del laboratorio.			
En el informe de ensayo están identificados claramente el recinto emisor y el recinto receptor.			
En el informe de ensayo se muestra un croquis orientativo de los Recintos.			
En el informe de ensayo figura la identificación y descripción del elemento separador evaluado.			
En el informe de ensayo figura la identificación y descripción del resto de elementos constructivos constituyentes de los recintos.			
En el informe de ensayo están identificados claramente los equipos de medida (fabricante, modelo y número de serie).			
Se presentan los valores de aislamiento acústico a ruido aéreo, para bandas de tercio de octava comprendidas entre 100 y 500Hz, con una cifra decimal de forma tabular y en forma gráfica.			
Se presenta como resultado final el valor del aislamiento acústico a ruido aéreo, calculado según el procedimiento del anexo A del DB-HR a partir de los resultados del aislamiento acústico a ruido aéreo D_n , en bandas de tercio de octava comprendidas entre 100 y 500 Hz			
El valor del aislamiento acústico a ruido aéreo D_n en el caso de que el ensayo se haya llevado a cabo entre un recinto protegido y Cualquier otro del edificio colindante con él, vertical u horizontalmente y que pertenece a otra unidad de uso, siempre que no comparta puertas o ventanas, es mayor o igual que 50 dBA.			
El valor del aislamiento acústico aéreo D_{nta} , en el caso de que el ensayo se haya llevado a cabo entre un recinto habitable y cualquier otro del elemento colindante con el, horizontal o verticalmente, y que pertenece a otra unidad de uso, siempre que no comparta ni puertas ni ventanas, es mayor o igual que 45dBA.			
El valor del aislamiento acústico aéreo D_{na} , en el caso de que el ensayo se haya llevado a cabo entre un recinto habitable y un recinto de instalaciones o actividad, siempre que no comparta ni puertas ni ventanas, es mayor o igual que 45dBA.			

<div style="text-align: right;"> Ficha CTRL-02-IMP. CONTROL DE OBRA TERMINADA </div>			
Medición in situ del aislamiento a ruido de impactos entre recintos			
Obra: Recinto emisor: Recinto receptor:	Fecha control/ensayo		
Condiciones.	Si	No	Observaciones
Ensayos			
El laboratorio que efectúa los ensayos está acreditado para la realización de ensayos según la norma UNE EN ISO 140-7:1999.			
El informe de ensayo está firmado por el director técnico del laboratorio.			
En el informe de ensayo están identificados claramente el recinto emisor y el recinto receptor.			
En el informe de ensayo se muestra un croquis orientativo de los Recintos.			
En el informe de ensayo figura la identificación y descripción del elemento separador evaluado.			
En el informe de ensayo figura la identificación y descripción del resto de elementos constructivos constituyentes de los recintos.			
En el informe de ensayo están identificados claramente los equipos de medida (fabricante, modelo y número de serie).			
Se presentan los valores de aislamiento acústico a ruido de impacto L _{nt} para bandas de tercio de octava comprendidas entre 100 y 500Hz, con una cifra decimal de forma tabular y en forma gráfica.			
Se presenta como resultado final el valor del nivel global de presión de ruido de Impacto L _{ntw} , calculado según la norma UNE EN ISO 717-2 a partir de los resultados del nivel de ruido de impacto L _{nt} , en las bandas de tercio de octava comprendidos entre 100 y 5000Hz.			
El valor del aislamiento acústico a ruido de impactos L _{ntw} en el caso de que el ensayo se haya llevado a cabo entre un recinto protegido y cualquier otro del edificio colindante con él, vertical u horizontalmente o con una arista horizontal común y que pertenece a otra unidad de uso, siempre que no comparta puertas o ventanas, es menor o igual que 65 dB.			
Otros			

<p style="text-align: right;">Ficha CTRL-03-FAC.</p> <p style="text-align: right;">CONTROL DE OBRA TERMINADA</p> <p>Medición in situ del aislamiento a ruido aéreo en fachada</p>			
Obra:			Fecha control / ensayo:
Recinto receptor:			
Condiciones	SI	NO	Observaciones
Ensayos			
El laboratorio que efectúa los ensayos está acreditado ³ para la realización de ensayos según la norma UNE EN ISO 140-5:1999.			
El informe de ensayo está firmado por el director técnico del laboratorio.			
En el informe de ensayo está identificado claramente el recinto receptor.			
En el informe de ensayo se muestra un croquis orientativo del recinto.			
En el informe de ensayo figura la identificación y descripción del elemento separador evaluado (fachada).			
En el informe de ensayo figura la identificación y descripción del resto de elementos constructivos constituyentes de los recintos.			
En el informe de ensayo están identificados claramente los equipos de medida (fabricante, modelo y número de serie).			
Se presentan los valores de aislamiento acústico a ruido aéreo, $D_{2m,nT}$, para todas las bandas de tercio de octava comprendidas entre 100 y 5000 Hz, con una cifra decimal, de forma tabular y en forma gráfica.			
Se presenta como resultado final el valor del aislamiento acústico a ruido aéreo, $D_{2m,nT,Atr}$, calculado según el procedimiento del Anexo A del DB-HR a partir de los resultados del aislamiento acústico, $D_{2m,nT}$ en las bandas de tercio de octava comprendidas entre 100 y 5000 Hz.			
El valor del aislamiento acústico a ruido aéreo respecto al ruido procedente del exterior, $D_{2mnT,Atr}$, es mayor o igual que el contemplado en proyecto (en función del índice de ruido día, L_d , en el exterior).			
Otros:			

<div style="text-align: right;"> Ficha CTRL-04-TR. CONTROL DE OBRA TERMINADA </div>			
Medición del tiempo de reverberación de un recinto			
Obra:		Fecha control / ensayo:	
Recinto receptor:			
Condiciones	SI	NO	Observaciones
Ensayos			
El laboratorio que efectúa los ensayos está acreditado ⁴ para la realización de ensayos según la norma UNE EN ISO 3382-2:2008.			
El informe de ensayo está firmado por el director técnico del laboratorio.			
En el informe de ensayo está identificado claramente el recinto donde se medirá el tiempo de reverberación.			
En el informe de ensayo se muestra un croquis orientativo del recinto.			
En el informe de ensayo están identificados claramente los equipos de medida (fabricante, modelo y número de serie).			
Se presenta como resultado final el valor del tiempo de reverberación con una cifra decimal, calculado según se indica en el Anexo A del DB HR a partir de los resultados del tiempo de reverberación en las bandas de 500, 1000 y 2000 Hz.			
El valor del tiempo de reverberación en un aula o sala de conferencias vacía (sin ocupación y sin mobiliario), con un volumen menor de 350 m ³ , es menor o igual que 0,7 segundos.			
El valor del tiempo de reverberación en un aula o sala de conferencias vacía, pero incluyendo el total de las butacas, con un volumen menor de 350 m ³ , es menor o igual que 0,5 segundos.			
El valor del tiempo de reverberación en un restaurante o comedor vacío, es menor o igual que 0,9 segundos.			
Otros:			

CONCLUSIÓN

El objetivo principal desarrollado en el proyecto, ha sido la aplicación del DB-HR, mediante el cumplimiento de las siguientes condiciones:

- a) cumplimiento de las condiciones de diseño y de dimensionado del aislamiento acústico a ruido aéreo y del aislamiento acústico a ruido de impactos desarrollado en el Capítulo I.
- b) cumplimiento de las condiciones de diseño y dimensionado del tiempo de reverberación y de absorción acústica, desarrollado en el Capítulo II.
- c) cumplimiento de las condiciones de diseño y dimensionado referentes al ruido y a las vibraciones de las instalaciones, desarrollado en el Capítulo III.
- d) cumplimiento de las condiciones relativas a los productos y las condiciones de construcción, desarrollado en los Capítulos IV y V.

Realizándose el cumplimiento de las condiciones a) y b) en fase de proyecto y c) y d) en fase de ejecución de la obra.

Vamos a proceder a concluir cada uno de los cumplimientos de las condiciones por separado.

Fase de proyecto.

Capítulo I. Aislamiento acústico.

A través de los elementos constructivos elegidos para el edificio, según especificaciones de la normativa, se da el cumplimiento de los límites exigidos, por lo tanto se concluye, según fichas justificativas, que el aislamiento acústico del edificio será válido.

Capítulo II. Acondicionamiento acústico.

A través de los acabos elegidos de cada una de las estancias, se da el cumplimiento de los límites exigidos, tanto para el tiempo de reverberación como el de la absorción en zonas comunes, por lo que se concluye, según fichas justificativas, que el acondicionamiento acústico del edificio será válido.

En fase de ejecución.

Capítulo III. Ruido y vibraciones de las instalaciones.

A través de la elección y dimensionado correctos de los elementos de equipamiento como las conducciones (hidráulica, climatización, ventilación, eliminación de residuos, ascensores y electricidad) en fase de proyecto, y las condiciones de instalación y puesta en obra en fase de

ejecución de la misma, se da el cumplimiento requerido para evitar el ruido y vibración de las instalaciones.

Capítulo IV. Pliego de condiciones técnicas particulares y Capítulo V. Plan de control.

A través de los adecuados productos de construcción elegidos en fase de proyecto, y el seguimiento de las condiciones que se adjuntan en dicho capítulo para un correcto proceso constructivo, se dará la cumplimentación requerida.

Esto quedará complementado con un plan de control tanto de recepción en obra de productos, como de ejecución, así como un control de obra terminada, con mediciones in-situ de comprobación, recogido en una serie de fichas de seguimiento para el control de ejecución, donde queda expresado todo el plan de control que deberá llevarse a cabo, para un correcto cumplimiento tanto de condiciones relativas a los productos como a las condiciones relativas a la construcción.

Conclusión final.

Por lo que dicho todo esto, se concluye que el objetivo del proyecto, aplicar el DB-HR al aulario de planta nueva se ha llevado correctamente en lo que se refiere a la correcta cumplimentación en fase de proyecto, ya que lo referente a la cumplimentación en fase de ejecución de la obra, queda en el aire por no haberse llevado a cabo la construcción de la misma. Aún así, como se ha visto, quedan especificados, los pasos y recomendaciones necesarios para la correcta aplicación del DB-HR, desembocando esto en una cumplimentación de todas las condiciones que garantizan la correcta aplicación del DB-HR.

BIBLIOGRAFÍA

LIBROS Y OTROS DOCUMENTOS.

- [1] A. Carrión Isbert, “Diseño acústico de espacios arquitectónicos”, Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya (1998).
- [2] Manuel Recuero López. “Acondicionamiento Acústico”. Ed. Parainfo. 2001.
- [3] Manuel Recuero López. Acústica arquitectónica “soluciones prácticas”. Ed. Parainfo. 1992.
- [4] CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN: Catálogo de elementos constructivos. Instituto Eduardo Torroja de ciencias de la construcción con la colaboración de CEPCO y AICIA. Marzo 2010.
- [5] CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN: Guía de aplicación del DB HR Protección frente al ruido. Instituto de ciencias de la construcción Eduardo Torroja. 1 de agosto de 2009.
- [6] CATT-Acoustic v.8. user`s manual. Room Acoustics Prediction and Desktop Auralización, CATT, 2002.
- [7] Materiales ANDIMAT. Asociación nacional de fabricantes de materiales aislantes. Junio 2009.
- [8] Apuntes Francisco Javier Martínez de Irueta “Acústica de salas” y Diego Pablo Ruiz Padillo “Aislamiento Acústico” Máster Oficial Ingeniería Acústica : Contaminación Acústica 2010/2011.
- [9] Caracterización acústica de elementos constructivos habituales en la edificación residencial española, mediante ensayos en obra y en laboratorio: M^a teresa Carrascal García/ Amelia Romero Fernández Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, IETcc.
- [10] Materiales para el Acondicionamiento Acústico de Recintos. Autor: Teofilo Zamarreno. Profesor Titular del Departamento de Física Aplicada de la Universidad de Sevilla.
- [11] Mapa de ruidos del Ayuntamiento de Granada.
- [12] Catálogo de soluciones acústicas y térmicas para la edificación, elementos constructivos con placa de yeso laminado y lana mineral. Atedy y Afelma Mayo 2009.

NORMATIVA.

- [13] CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN :Documento Básico HR. Protección frente al ruido. Septiembre 2009.
- [14] UNE-EN ISO 3382-2. Medición de parámetros acústicos en recintos. Parte 2: Tiempo de reverberación en recintos ordinarios.
- [15] UNE-EN ISO-4: 1998: Medición in situ del aislamiento al ruido aéreo entre locales
- [16] UNE-EN ISO-5: 1998: Medición in situ del aislamiento al ruido aéreo de elementos de fachadas y de fachadas.
- [17] UNE-EN ISO 140-7: 1998: Medición in situ del aislamiento de suelos al ruido de impacto.
- [18] UNE-EN ISO 717-1 Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1. Aislamiento a ruido aéreo.
- [19] UNE-EN ISO 717-2 Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 2. Aislamiento a ruido aéreo.
- [20] ORDENANZA MUNICIPAL DE PROTECCIÓN DEL AMBIENTE ACÚSTICO EN GRANADA
B.O.P. NÚM. 29, MARTES, 6 DE FEBRERO DE 2001
- [21] Real Decreto 1367/2007 de 19 de Octubre.
- [22] DECRETO 326/2003, de 25 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Protección contra la Contaminación Acústica en Andalucía.

PROYECTOS.

- [23] Rehabilitación de edificio administrativo y aulario de nueva planta. Amanda Navarro Ramos. Universidad de Granada, 2009.
- [24] Actuación Acústica en Centro de Arte Contemporáneo Modalidad. Miguel Ángel Fernández Martínez, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación Valencia.
- [25] Centro social polivalente en Orilla Baja , Antonio González Correa

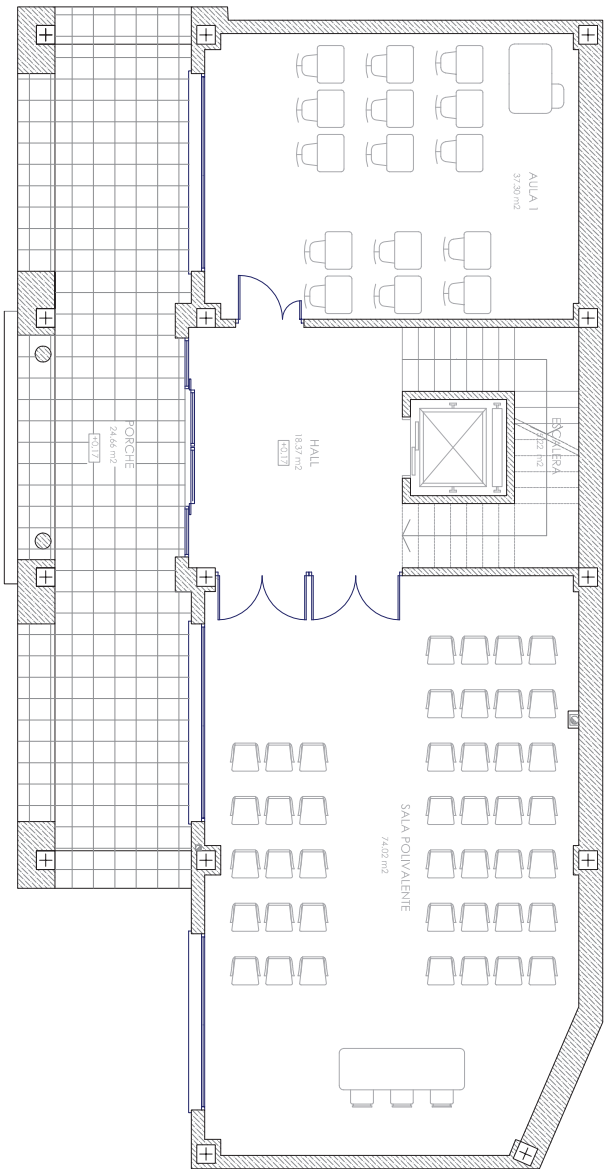
PÁGINAS WEB.

- [26] <http://www.placo.es/>
- [27] <http://www.ursa.es/>
- [28] <http://www.isover.es/>
- [29] <http://www.climalit.es/>
- [30] <http://www.otis.com/site/es-esl/Pages/ascensoresotis.aspx>
- [31] http://www.tecotur.com/tecofon_aislamiento-acustico.php
- [32] <http://www.armstrong.es/>
- [33] <http://www.coavantiastone.com/marmol-831.html>
- [34] <http://www.acusticaintegral.com/>
- [35] <http://www.silensis.es/>
- [36] <http://www.proceran.es/productos-termoarcilla.php>
- [37] <http://www.rockwool.es/>
- [38] <http://portal.danosa.com/danosa/CMSServlet?cmd=volverHome&lng=1&site=1>
- [39] http://www.rehau.com/DE_de/bau/Sanitaerinstallation/Gebaeudeentwaesserung/
- [40] <http://www.daikin.es/>

ANEXO I

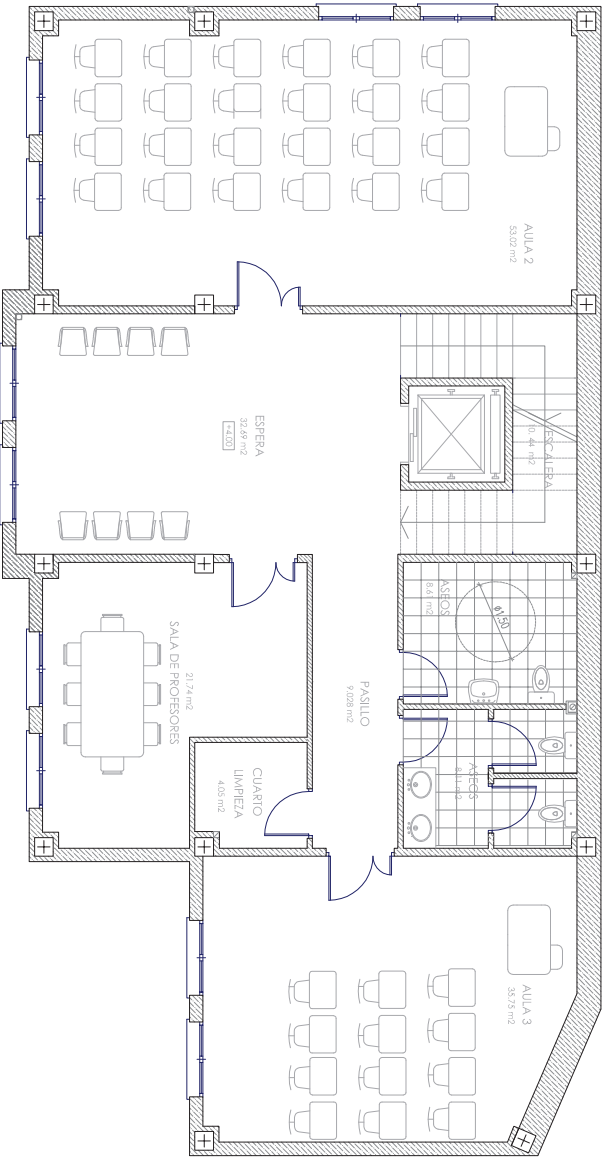
DOCUMENTACIÓN GRÁFICA. PLANOS

PLANTA BAJA



CUADRO DE SUPERFICIES ÚTILES	
Hall	18,37 m²
Ascensor	3,2 m²
Escalera	5,22 m²
Aula 1	37,30 m²
Sala polivalente	74,02 m²
Porche	24,66 m²
Total planta baja	162,77 m²
Total superficie construida	190,74 m²

PLANTA PRIMERA



CUADRO DE SUPERFICIES ÚTILES	
Esperio	32,69 m²
Ascensor	3,2 m²
Escaleras	10,44 m²
Aula 2	53,02 m²
Aula 3	35,75 m²
Pasillo	8,60 m²
Aseo	8,11 m²
Aseo minusválidos	8,60 m²
Sala de profesores	21,74 m²
Cuarto de limpieza	21,74 m²
Total planta primera	186,62 m²
Total superficie construida	214,63 m²

INGENIERIA DE EDIFICACIÓN

PROYECTO FINAL DE GRADO



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

PROYECTO:

APLICACIÓN DEL DOCUMENTO BÁSICO CTE DB-HR PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO AL AULARIO DE PLANTA NUEVA EN EL ALBAICÍN (GRANADA)

ALUMNO:

AMANDA NAVARRO RAMOS

TUTOR:

JULIÁN PÉREZ NAVARRO

CONVOCATORIA JUNIO 2013

ESCALA:

1/100

DENOMINACIÓN:

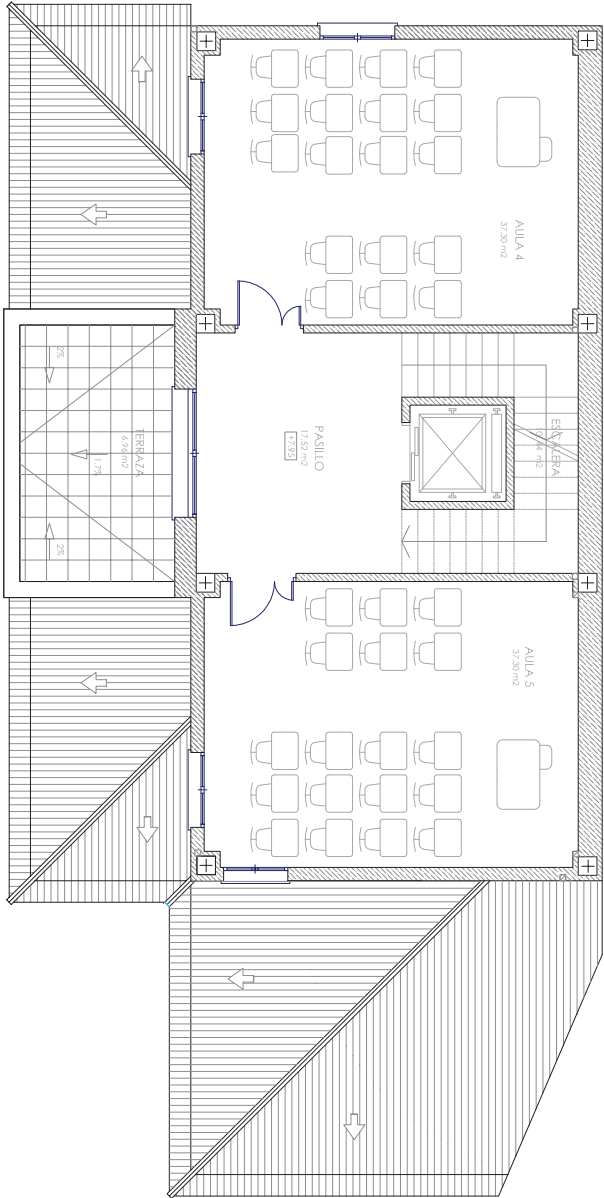
PLANTAS DISTRIBUCIÓN

PLANO:



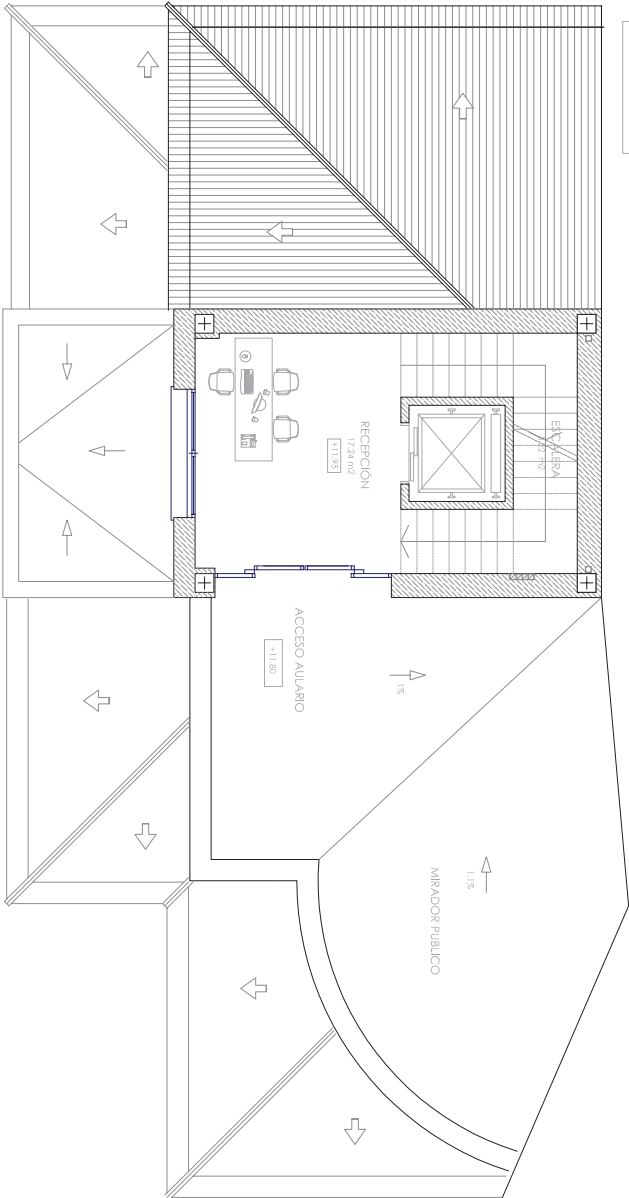
02

PLANTA SEGUNDA



CUADRO DE SUPERFICIES ÚTILES		
Pasillo	17.52 m²	
Ascensor	3.2 m²	
Escuelas	10.44 m²	
Aula 4	37.30 m²	
Aula 5	37.30 m²	
Terrazo	6.94 m²	
Total planta segunda	113.00 m²	
Total superficie construida	133.46 m²	

PLANTA ALTA



CUADRO DE SUPERFICIES ÚTILES		
Recepción	17.24 m²	
Ascensor	3.2 m²	
Escuelas	5.22 m²	
Total planta alta	25.66 m²	
Total superficie construida	43.20 m²	

INGENIERIA DE EDIFICACIÓN

PROYECTO FINAL DE GRADO



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

PROYECTO:

APLICACIÓN DEL DOCUMENTO BÁSICO CTE DB-HR PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO AL AULARIO DE PLANTA NUEVA EN EL ALBAICÍN (GRANADA)

ALUMNO:

AMANDA NAVARRO RAMOS

TUTOR:

JULIÁN PÉREZ NAVARRO

CONVOCATORIA JUNIO 2013

ESCALA:

1/100

DENOMINACIÓN:

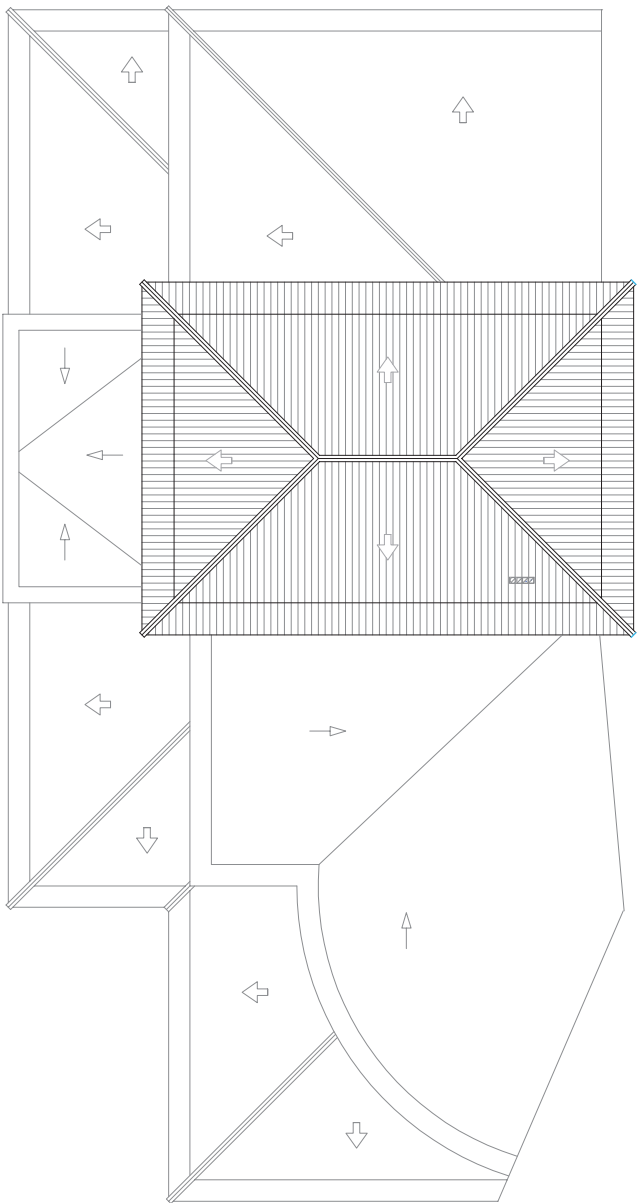
PLANTAS DISTRIBUCIÓN

PLANO:



03

PLANTA CUBIERTA



INGENIERIA DE
EDIFICACIÓN

PROYECTO FINAL DE GRADO



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA DE
CARTAGENA

PROYECTO:

APLICACIÓN DEL DOCUMENTO
BÁSICO CTE DB-HR
PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO
AL AULARIO DE PLANTA NUEVA
EN EL ALBAICÍN (GRANADA)

ALUMNO:

AMANDA NAVARRO RAMOS

TUTOR:

JULIÁN PÉREZ NAVARRO

CONVOCATORIA JUNIO 2013

ESCALA:

1/100

DENOMINACIÓN:

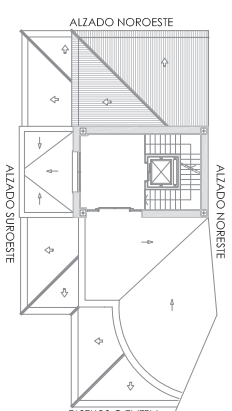
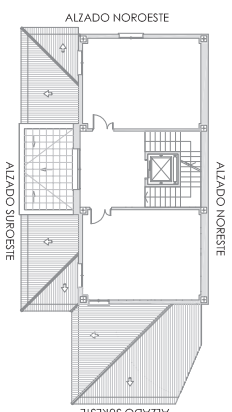
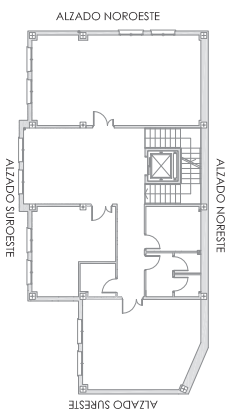
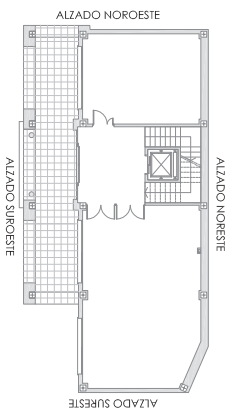
PLANTAS DISTRIBUCIÓN

PLANO:



04

ALZADO SUROESTE



INGENIERIA DE
EDIFICACIÓN

PROYECTO FINAL DE GRADO



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA DE
CARTAGENA

PROYECTO:

APLICACIÓN DEL DOCUMENTO
BÁSICO CTE DB-HR
PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO
AL AULARIO DE PLANTA NUEVA
EN EL ALBAICÍN (GRANADA)

ALUMNO:

AMANDA NAVARRO RAMOS

TUTOR:

JULIÁN PÉREZ NAVARRO

CONVOCATORIA JUNIO 2013

ESCALA:

1/100

DENOMINACIÓN:

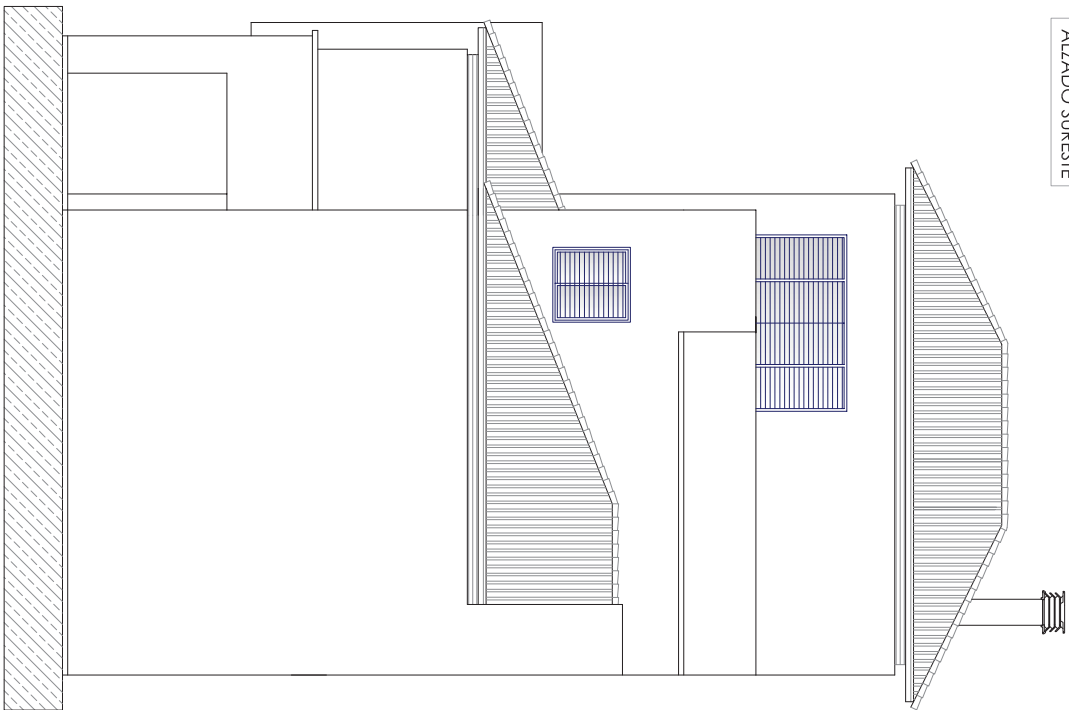
ALZADOS

PLANO:

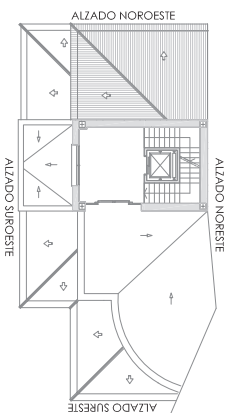
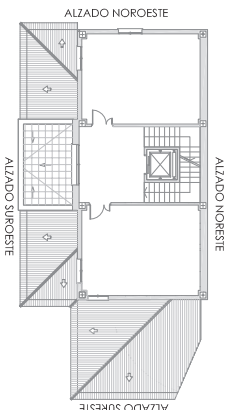
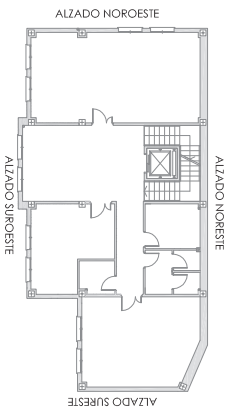
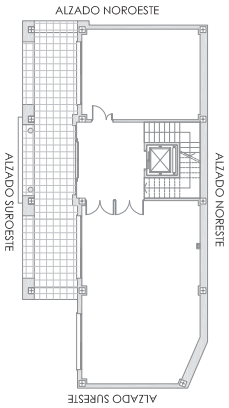
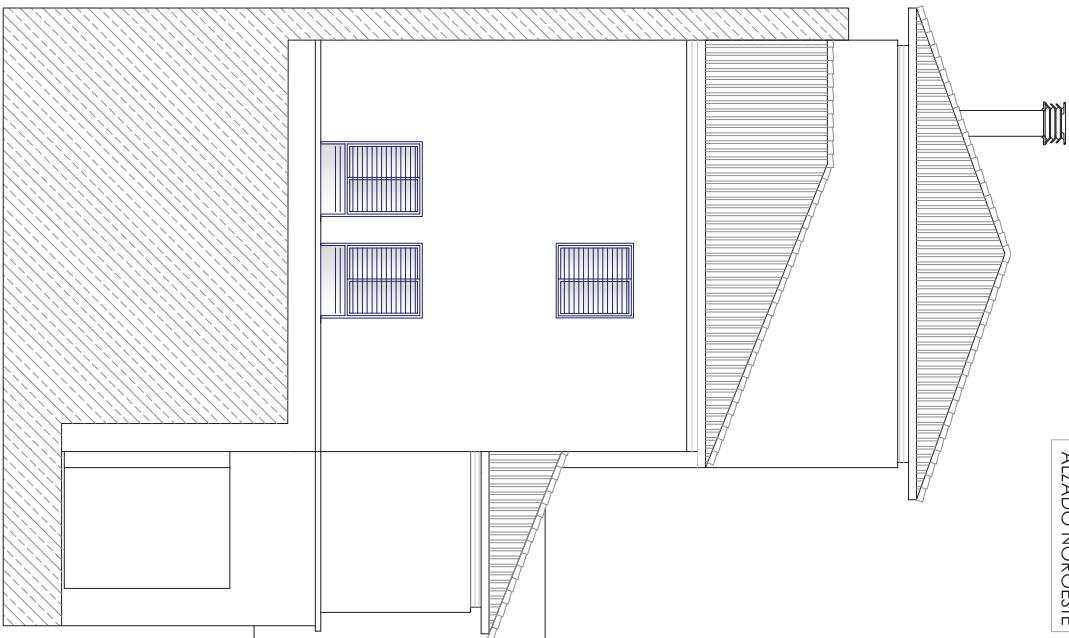


05

ALZADO SURESTE



ALZADO NOROESTE



INGENIERIA DE
EDIFICACIÓN

PROYECTO FINAL DE GRADO

UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA DE
CARTAGENA

PROYECTO:

APLICACIÓN DEL DOCUMENTO
BÁSICO CTE DB-HR
PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO
AL AULARIO DE PLANTA NUEVA
EN EL ALBAICÍN (GRANADA)

ALUMNO:

AMANDA NAVARRO RAMOS

TUTOR:

JULIÁN PÉREZ NAVARRO

CONVOCATORIA JUNIO 2013

ESCALA:

1/100

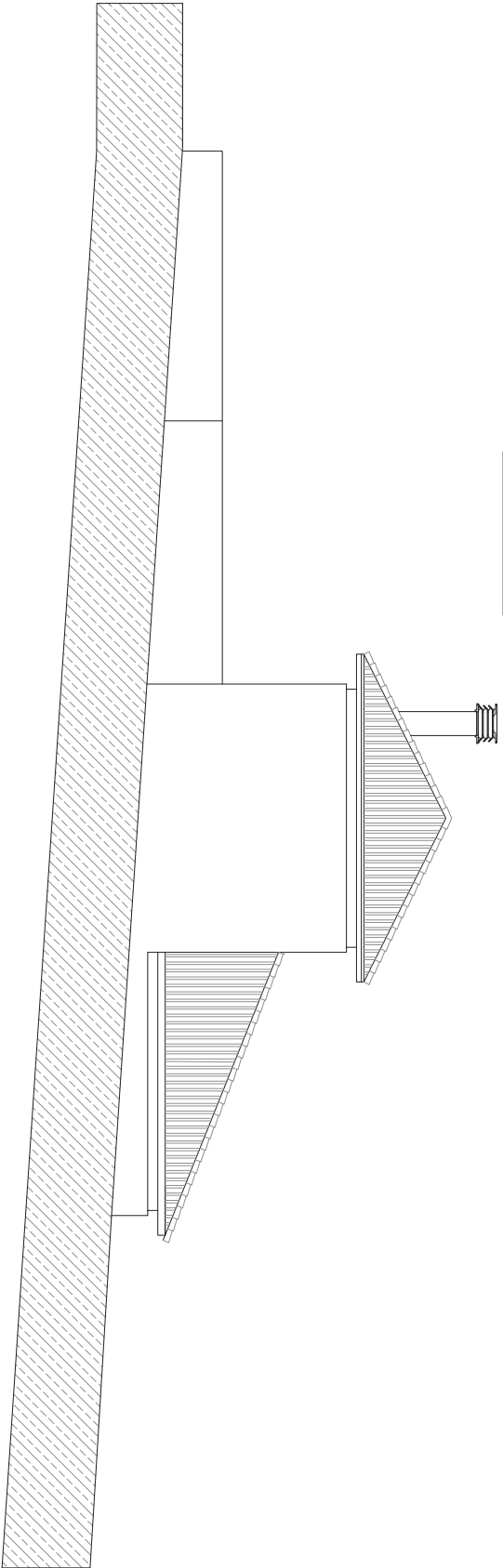
DENOMINACIÓN:

ALZADOS

PLANO:



ALZADO NORESTE



INGENIERIA DE
EDIFICACIÓN

PROYECTO FINAL DE GRADO



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA DE
CARTAGENA

PROYECTO:

APLICACIÓN DEL DOCUMENTO
BÁSICO CTE DB-HR
PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO
AL AULARIO DE PLANTA NUEVA
EN EL ALBAICÍN (GRANADA)

ALUMNO:

AMANDA NAVARRO RAMOS

TUTOR:

JULIÁN PÉREZ NAVARRO

CONVOCATORIA JUNIO 2013

ESCALA:

1/100

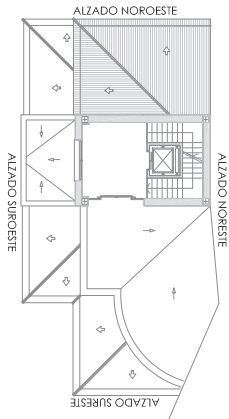
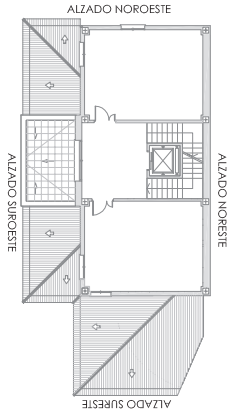
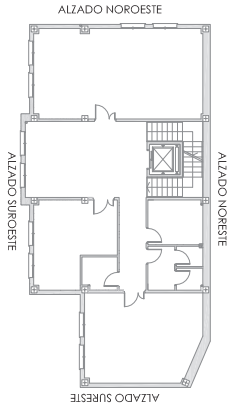
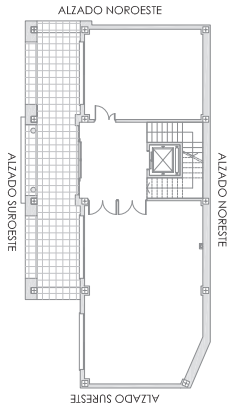
DENOMINACIÓN:

ALZADOS

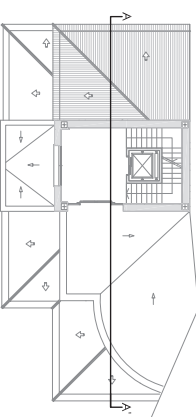
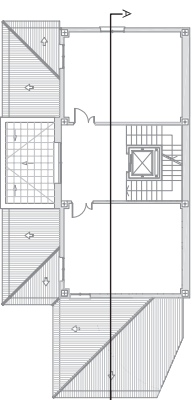
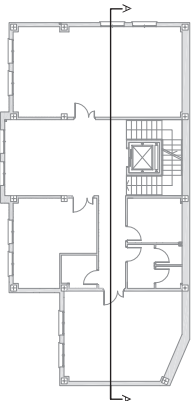
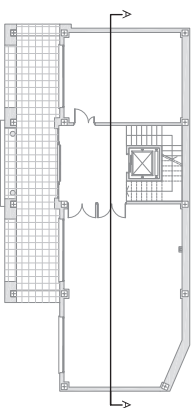
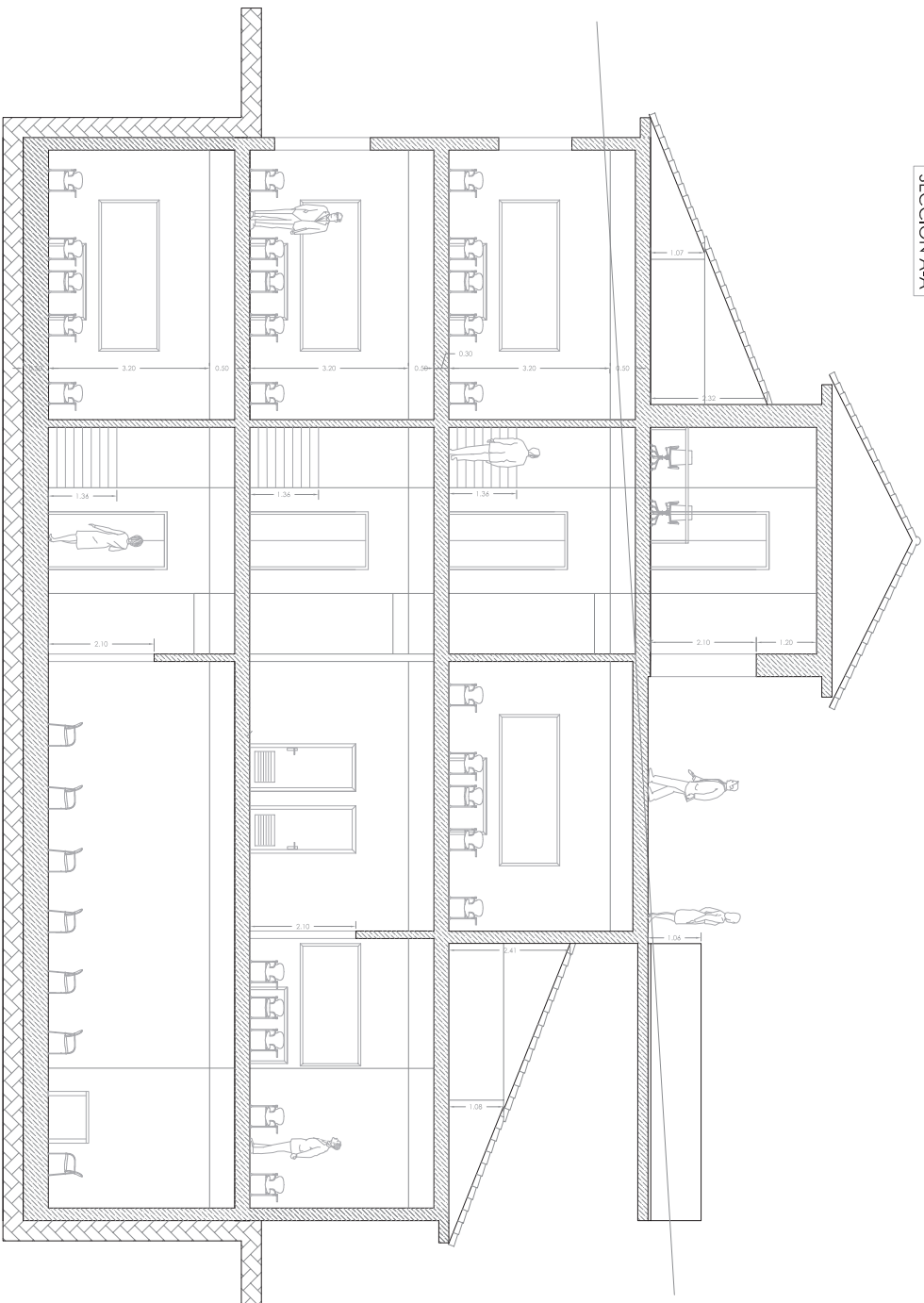
PLANO:



07



SECCIÓN A-A'



INGENIERIA DE
EDIFICACIÓN

PROYECTO FINAL DE GRADO



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA DE
CARTAGENA

PROYECTO:

APLICACIÓN DEL DOCUMENTO
BÁSICO CTE DB-HR
PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO
AL AULARIO DE PLANTA NUEVA
EN EL ALBAICÍN (GRANADA)

ALUMNO:

AMANDA NAVARRO RAMOS

TUTOR:

JULIÁN PÉREZ NAVARRO

CONVOCATORIA JUNIO 2013

ESCALA:

1/100

DENOMINACIÓN:

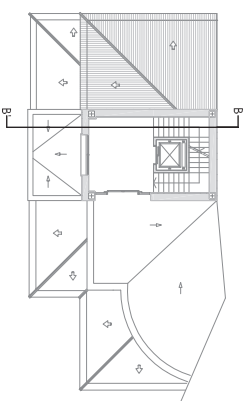
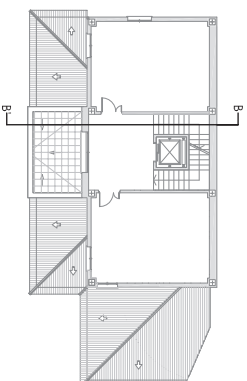
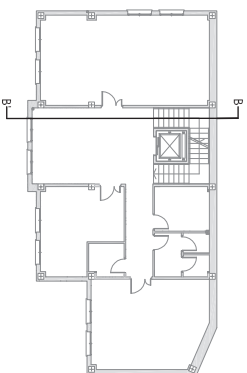
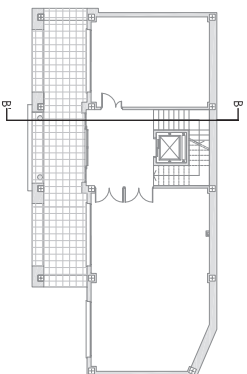
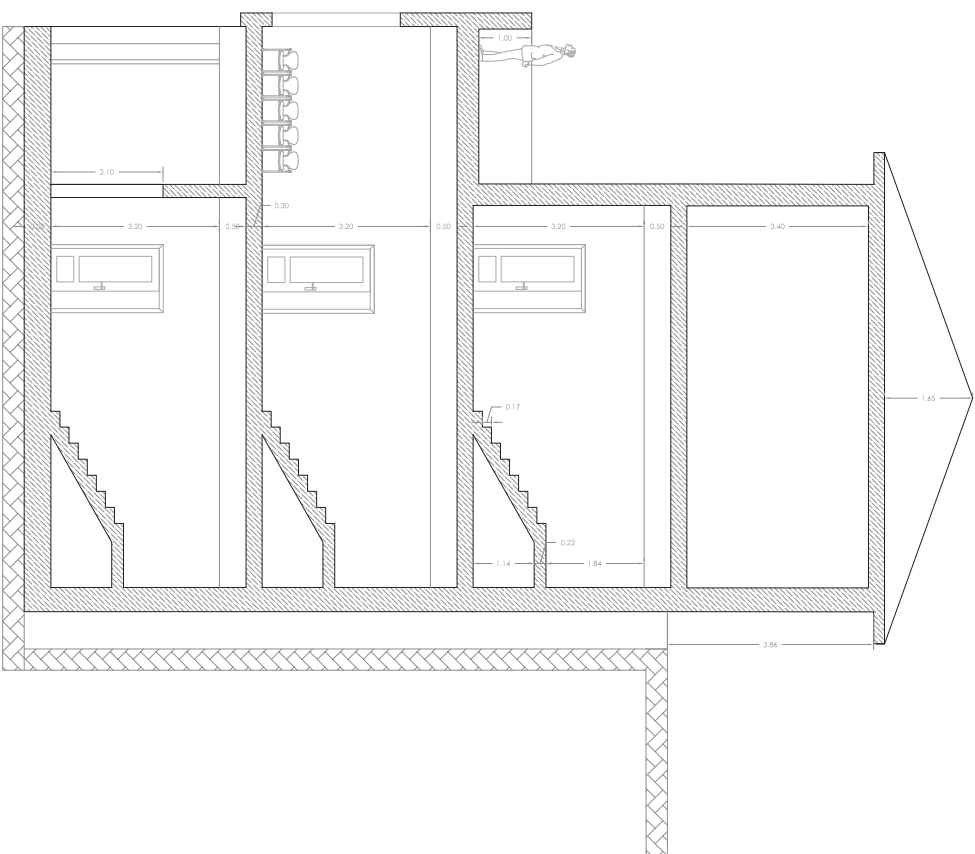
SECCIONES

PLANO:



08

SECCIÓN B-B'



INGENIERIA DE
EDIFICACIÓN

PROYECTO FINAL DE GRADO



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA DE
CARTAGENA

PROYECTO:

APLICACIÓN DEL DOCUMENTO
BÁSICO CTE DB-HR
PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO
AL AULARIO DE PLANTA NUEVA
EN EL ALBAICIN (GRANADA)

ALUMNO:

AMANDA NAVARRO RAMOS

TUTOR:

JULIÁN PÉREZ NAVARRO

CONVOCATORIA JUNIO 2013

ESCALA:

1/100

DENOMINACIÓN:

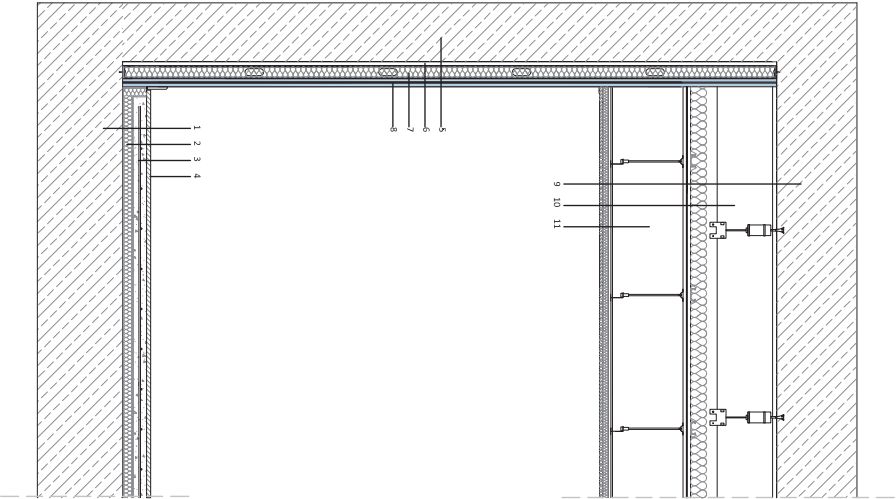
SECCIONES

PLANO:

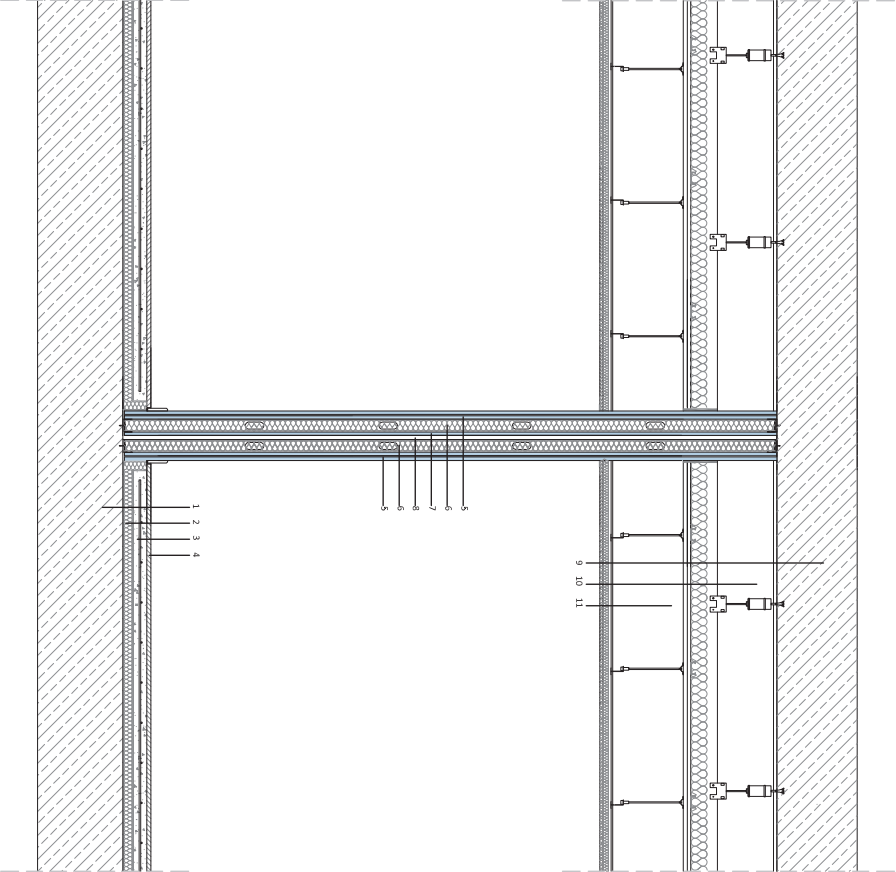


09

DETALLE 1

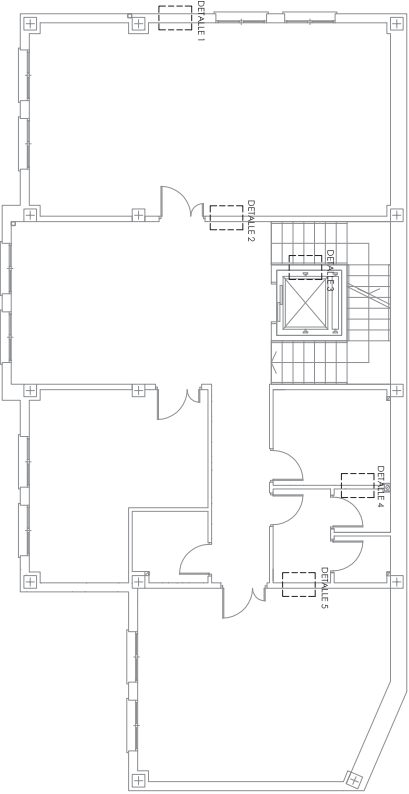


DETALLE 2



LEYENDA:

1. Losa de hormigón armada 50 cm.
2. Lana mineral de 20 mm. de espesor y alta densidad con lámina antipáticos arbo y abajo.
3. Solera de 80 mm. de espesor.
4. Acabado de suelo tipo Linóleo Marmoleum Decibel 3,5 mm de espesor o solera de Mármol Blanco Macael, según situación.
5. Doble placa de yeso laminado de 12,5 mm. de espesor tipo Placo Phonique con proyección de SONEC CR-211 intermedia.
6. Estructura de acero galvanizado de 48 mm. de espesor rellena de lana mineral de 40 mm. de espesor.
7. Placa de yeso laminado de 15 mm. de espesor tipo Placo Phonique.
8. Separación aprox. 1 cm.
9. Forjado original.
10. Falso techo acústico con terminación de doble placa de yeso laminado de 13 mm de espesor con proyección de SONEC CR-211 intermedia y lana mineral de 50 mm de espesor.
11. Falso techo de acondicionamiento con lana mineral de 20 mm. de espesor y acabado con placa de yeso perforado GYPTONE QUATTRO 41.
12. Doble placa de yeso laminado de 12,5 mm. de espesor tipo Placo Marine con proyección de SONEC CR-211 intermedia.
13. Medio pie de ladrillo perforado guarnecido y enlucido a una caja.
14. Lana mineral de 40 mm
15. Ladrillo hueco sencillo.
16. Banda elástica.



INGENIERIA DE EDIFICACIÓN

PROYECTO FINAL DE GRADO



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

PROYECTO:

APLICACIÓN DEL DOCUMENTO BÁSICO CTE DB-HR PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO AL AULARIO DE PLANTA NUEVA EN EL ALBAICÍN (GRANADA)

ALUMNO:

AMANDA NAVARRO RAMOS

TUTOR:

JULIÁN PÉREZ NAVARRO

CONVOCATORIA JUNIO 2013

ESCALA:

1/20

DENOMINACIÓN:

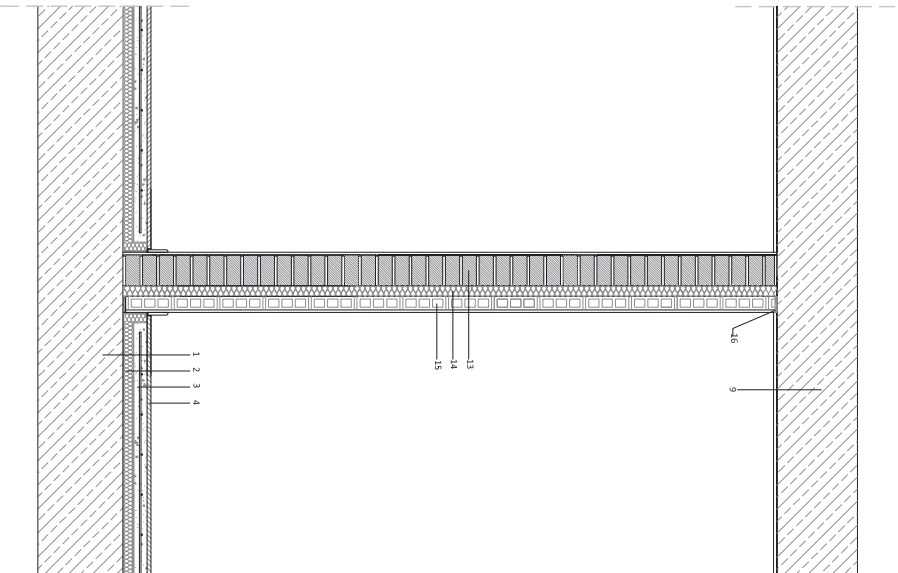
ENCUENTROS

PLANO:

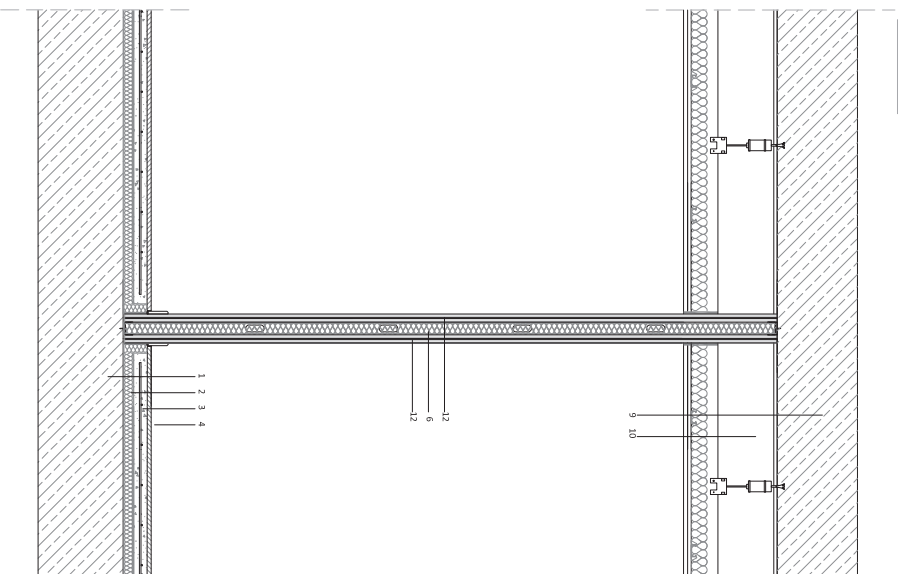


10

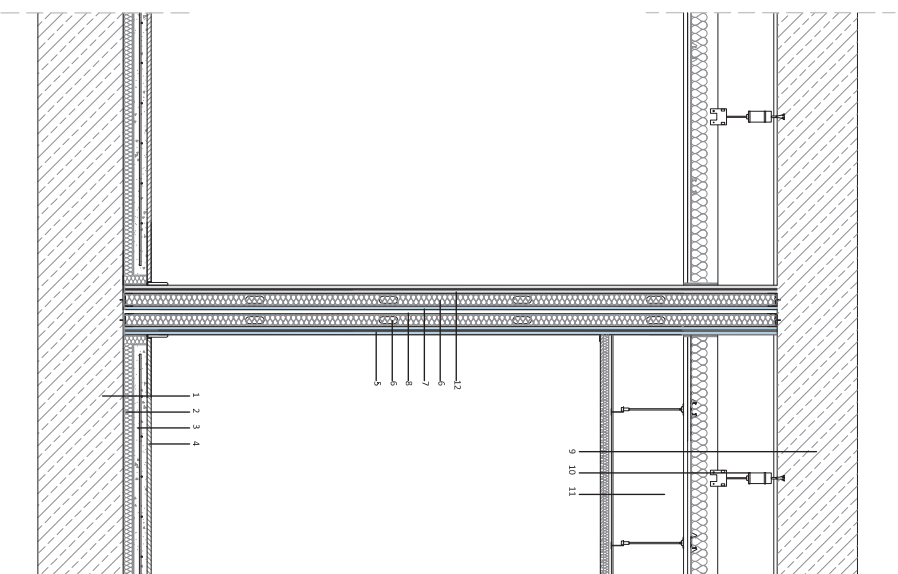
DETALLE 3



DETALLE 4

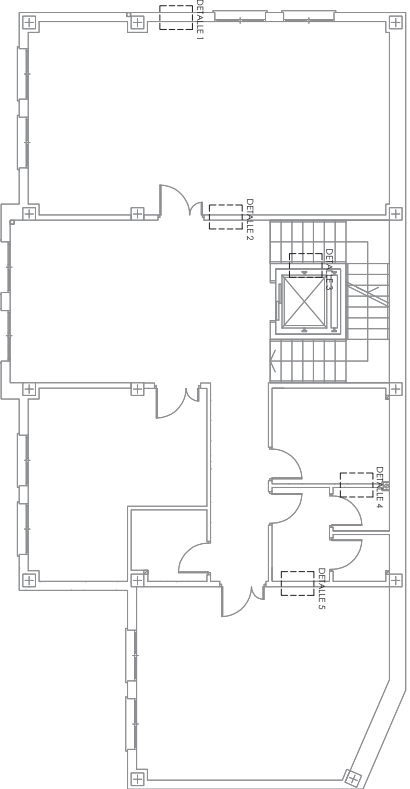


DETALLE 5



LEYENDA:

1. Losa de hormigón armada 50 cm.
2. Lana mineral de 20 mm. de espesor y alta densidad con lámina antipartos arriba y abajo.
3. Solera de 80 mm. de espesor.
4. Acabado de suelo tipo Linóleo Marmoleum Decibel 3,5 mm de espesor o solera de Mármol blanco Macael, según situación.
5. Doble placa de yeso laminado de 12,5 mm. de espesor tipo Placo Phonique con proyección de SONEC CR-211 intermedia.
6. Estructura de acero galvanizado de 48 mm. de espesor, rellena de lana mineral de 40 mm. de espesor.
7. Placa de yeso laminado de 15 mm. de espesor tipo Placo Phonique.
8. Separación aprox. 1 cm.
9. Forjado original.
10. Falso techo acústico con terminación de doble placa de yeso laminado de 13 mm de espesor con proyección de SONEC CR-211 intermedia y lana mineral de 50 mm de espesor.
11. Falso techo de acondicionamiento con lana mineral perforado GYPTONE QUATTRO 41.
12. Doble placa de yeso laminado de 12,5 mm. de espesor tipo Placo Marine con proyección de SONEC CR-211 intermedia.
13. Medio pie de ladrillo perforado guarnecido y enlucido a una cara.
14. Lana mineral de 40 mm
15. Ladrillo hueco sencillo.
16. Banda elástica.



INGENIERIA DE EDIFICACIÓN

PROYECTO FINAL DE GRADO



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

PROYECTO:

APLICACIÓN DEL DOCUMENTO BÁSICO CTE DB-HR PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO AL AULARIO DE PLANTA NUEVA EN EL ALBAICÍN (GRANADA)

ALUMNO:

AMANDA NAVARRO RAMOS

TUTOR:

JULIÁN PÉREZ NAVARRO

CONVOCATORIA JUNIO 2013

ESCALA:

1/20

DENOMINACIÓN:

ENCUENTROS

PLANO:

11



ANEXO II

FICHAS JUSTIFICATIVAS OPCIÓN SIMPLIFICADA.

K.1 Fichas justificativas de la opción simplificada de aislamiento acústico

Las tablas siguientes recogen las fichas justificativas del cumplimiento de los valores límite de aislamiento acústico mediante la opción simplificada.

TABICUERÍA.

Tabiquería. (apartado 3.1.2.3.3)				
Tipo No existe tabiquería por ser todas las estancias de distinta unidad de uso.		Características de proyecto		
				Exigidas
		m(kg/m ²)=	≥	
		R _A (dBA)=	≥	

ELEMENTOS DE SEPARACIÓN VERTICAL.

Elementos de separación verticales entre <i>recintos</i> (apartado 3.1.2.3.4)			
<p>Debe comprobarse que se satisface la opción simplificada para los elementos de separación verticales situados entre:</p> <p>a) un <i>recinto</i> de una <i>unidad de uso</i> y cualquier otro del edificio;</p> <p>b) un <i>recinto</i> protegido o habitable y un <i>recinto de instalaciones</i> o un <i>recinto de actividad</i>.</p> <p>Debe rellenarse una ficha como ésta para cada elemento de separación vertical diferente, proyectados entre a) y b)</p> <p>Solución de elementos de separación verticales entre: Aulas (protegido) y pasillo (habitable)</p>			
Elementos constructivos	Tipo		Características de proyecto exigidas
Elemento de separación vertical	Elemento base		$m \text{ (kg/m}^2\text{)} = $ <input type="text"/> $ \geq $ <input type="text"/> $R_A \text{ (dBA)} = $ <input type="text"/> $ \geq $ <input type="text"/>
	Trasdosado por ambos lados	-	$\Delta R_A \text{ (dBA)} = $ <input type="text"/> $ \geq $ <input type="text"/>
Elemento de separación vertical con puertas y/o ventanas. (TIPO3)	Puerta o ventana	Puerta acústica RS6 (Acústica integral) de 69 mm. de espesor, compuesta de marco y hoja metálicos en chapa pulida de 1,2 mm. de espesor, rellena de materiales fonoabsorbentes.	$R_A \text{ (dBA)} = $ <input type="text"/> $ \geq $ <input type="text"/>
	Cerramiento	Dos placas de yeso laminado PLACO Phonique 12.5 mm de espesor, atornilladas a cada lado externo de una doble estructura metálica de acero galvanizado a base de raíles horizontales y montantes verticales de 48 mm, modulados a 400 mm y otra placa intermedia atornillada a las dos estructuras.	$R_A \text{ (dBA)} = $ <input type="text"/> $ \geq $ <input type="text"/>
Condiciones de las <i>fachadas</i> a las que acometen los elementos de separación verticales			
Fachada	Tipo		Características de proyecto exigidas
	Hoja exterior: Bloques de termoarcilla de 19 (30x19x19 cm)		$m \text{ (kg/m}^2\text{)} = $ <input type="text"/> $ \geq $ <input type="text"/> $R_A \text{ (dBA)} = $ <input type="text"/> $ \geq $ <input type="text"/>

Elementos de separación verticales entre <i>recintos</i> (apartado 3.1.2.3.4)			
<p>Debe comprobarse que se satisface la opción simplificada para los elementos de separación verticales situados entre:</p> <p>c) un <i>recinto</i> de una <i>unidad de uso</i> y cualquier otro del edificio;</p> <p>d) un <i>recinto</i> protegido o habitable y un <i>recinto de instalaciones</i> o un <i>recinto de actividad</i>.</p> <p>Debe rellenarse una ficha como ésta para cada elemento de separación vertical diferente, proyectados entre a) y b)</p> <p>Solución de elementos de separación verticales entre: Recinto de instalaciones y recinto habitable.</p>			
Elementos constructivos	Tipo	Características de proyecto exigidas	
Elemento de separación vertical (TIPO 2)	Elemento base	$m \text{ (kg/m}^2\text{)} =$ <input type="text" value="230"/> \geq <input type="text" value="200"/>	$R_A \text{ (dBA)} =$ <input type="text" value="62"/> \geq <input type="text" value="61"/>
	Trasdoso por ambos lados	$\Delta R_A \text{ (dBA)} =$ <input type="text"/> \geq <input type="text"/>	
Elemento de separación vertical con puertas y/o ventanas	Puerta o ventana	$R_A \text{ (dBA)} =$ <input type="text"/> \geq <input type="text"/>	
	Cerramiento	$R_A \text{ (dBA)} =$ <input type="text"/> \geq <input type="text"/>	
Condiciones de las <i>fachadas</i> a las que acometen los elementos de separación verticales			
Fachada	Tipo	Características de proyecto exigidas	
	No se contempla fachadas de dos hojas con hoja interior de entramado autoportante.	$m \text{ (kg/m}^2\text{)} =$ <input type="text"/> \geq <input type="text"/>	$R_A \text{ (dBA)} =$ <input type="text"/> \geq <input type="text"/>

Elementos de separación verticales entre <i>recintos</i> (apartado 3.1.2.3.4)			
<p>Debe comprobarse que se satisface la opción simplificada para los elementos de separación verticales situados entre:</p> <p>e) un <i>recinto</i> de una <i>unidad de uso</i> y cualquier otro del edificio;</p> <p>f) un <i>recinto</i> protegido o habitable y un <i>recinto de instalaciones</i> o un <i>recinto de actividad</i>.</p> <p>Debe rellenarse una ficha como ésta para cada elemento de separación vertical diferente, proyectados entre a) y b)</p> <p>Solución de elementos de separación verticales entre: Recinto habitable y recinto habitable.</p>			
Elementos constructivos	Tipo	Características de proyecto exigidas	
Elemento de separación vertical (TIPO 3)	Elemento base	Formado por dos placas de yeso laminado PLACO Phonique o Marine dependiendo de su ubicación, de 12.5 mm de espesor, atornilladas a cada lado externo de una estructura metálica de acero galvanizado a base de raíles horizontales y montantes verticales de 48 mm de espesor, modulados a 400 mm.	$m \text{ (kg/m}^2\text{)} =$ <input type="text" value="44"/> \geq <input type="text" value="44"/> $R_A \text{ (dBA)} =$ <input type="text" value="52"/> \geq <input type="text" value="58"/>
	Trasdosado por ambos lados		$\Delta R_A \text{ (dBA)} =$ <input type="text"/> \geq <input type="text"/>
Elemento de separación vertical con puertas y/o ventanas	Puerta o ventana	Puerta acústica RS6 (Acústica integral) de 69 mm. de espesor, compuesta de marco y hoja metálicos en chapa pulida de 1,2 mm. de espesor, rellena de materiales fonoabsorbentes.	$R_A \text{ (dBA)} =$ <input type="text" value="36"/> \geq <input type="text" value="20"/> <input type="text" value="30"/>
	Cerramiento	Formado por dos placas de yeso laminado PLACO Phonique o Marine dependiendo de su ubicación, de 12.5 mm de espesor, atornilladas a cada lado externo de una estructura metálica de acero galvanizado a base de raíles horizontales y montantes verticales de 48 mm de espesor, modulados a 400 mm.	$R_A \text{ (dBA)} =$ <input type="text" value="58"/> \geq <input type="text" value="50"/>
Condiciones de las <i>fachadas</i> a las que acometen los elementos de separación verticales			
Fachada	Tipo	Características de proyecto exigidas	
	Hoja exterior: Bloques de termoarcilla de 19 (30x19x19 cm)	$m \text{ (kg/m}^2\text{)} =$ <input type="text" value="215"/> \geq <input type="text" value="145"/> $R_A \text{ (dBA)} =$ <input type="text" value="46"/> \geq <input type="text" value="45"/>	

ELEMENTOS DE SEPARACIÓN HORIZONTAL.

Elementos de separación horizontales entre <i>recintos</i> (apartado 3.1.2.3.5)				
<p>Debe comprobarse que se satisface la opción simplificada para los elementos de separación horizontales situados entre:</p> <p>a) un <i>recinto</i> de una <i>unidad de uso</i> y cualquier otro del edificio;</p> <p>b) un <i>recinto</i> protegido o habitable y un <i>recinto de instalaciones</i> o un <i>recinto de actividad</i>.</p> <p>Debe rellenarse una ficha como ésta para cada elemento de separación vertical diferente, proyectados entre a) y b)</p> <p>Solución de elementos de separación horizontales entre: Aula y aula (Protegido-Protegido)</p>				
Elementos constructivos		Tipo	Características de proyecto	exigidas
Elemento de separación horizontal	Forjado	Forjado reticular con piezas de entrevigado de hormigón con áridos ligeros de 300 mm de espesor.	$m \text{ (kg/m}^2\text{)} =$ <input type="text" value="369"/> \geq <input type="text" value="350"/> $R_A \text{ (dBA)} =$ <input type="text" value="57"/> \geq <input type="text" value="54"/>	
	<i>Suelo flotante</i>	Los suelos flotantes con solera de mortero de 50 mm y lana mineral.	$\Delta R_A \text{ (dBA)} =$ <input type="text" value="8"/> \geq <input type="text" value="2"/> $\Delta L_w \text{ (dB)} =$ <input type="text" value="33"/> \geq <input type="text" value="16"/>	
	Techo suspendido	Falso techo con lana mineral en la cámara.	$\Delta R_A \text{ (dBA)} =$ <input type="text" value="7"/> \geq <input type="text" value="5"/>	

RECINTOS MEDIANEROS.

Medianerías. (apartado 3.1.2.4)			
Tipo: No existen medianerías.		Características de proyecto exigidas	
		R _A (dBA)=	≥

ELEMENTOS DE SEPARACIÓN CON EL EXTERIOR.

Fachadas, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior (apartado 3.1.2.5)				
Solución de fachada, cubierta o suelo en contacto con el aire exterior: Sala polivalente. Recinto más desfavorable.				
Elementos constructivos	Tipo	Área ⁽¹⁾ (m ²)	% Huecos	Características de proyecto exigidas
Parte ciega	Bloques de termoarcilla de 19 (30x19x19 cm) con trasdosado de estructura de acero galvanizado de 48 mm rellena de lana mineral de 40 mm a la cual ira adosada doble placa de yeso PLACO Phonique de 12.5 mm de espesor o PLACO MARINE de 12.5 mm en zonas húmedas	55.05 =S _c	39,42%	R _{A,tr} (dBA) = 48 ≥ 45
Huecos	Doble acristalamiento modelo SGG CLIMALIT SILENCE 8/6/33.1	21.7 =S _h		R _{A,tr} (dBA) = 37 ≥ 37

Área de la parte ciega o del hueco vista desde el interior del recinto considerado.

Fachadas, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior (apartado 3.1.2.5)				
Solución de fachada, cubierta o suelo en contacto con el aire exterior: Cubierta				
Elementos constructivos	Tipo	Área ⁽¹⁾ (m ²)	% Huecos	Características de proyecto exigidas
Parte ciega	Cubiertas inclinadas, con una pendiente del 32%. La formación de pendiente, de 0,75 m de altura media, estará formada por: tabicones aligerados en avispero separados 50 cm, de ladrillo hueco doble de 7 cm., recibidos con mortero M5 (1:6) y tablero de rasilla, recibido con pasta de yeso YG, capa de mortero M5 (1:6) de 4 cm de espesor, con panel rígido de fibra de vidrio de 45 mm. y membrana impermeabilizante 4 Kg/m2. Todo ello cubierto con teja cerámica árabe.	37.3 =S _c	0%	R _{A,tr} (dBA) = 48 ≥ 39
Huecos	-	- =S _h		R _{A,tr} (dBA) = ≥

Área de la parte ciega o del hueco vista desde el interior del recinto considerado.

K.3 Fichas justificativas del método general del tiempo de reverberación y de la absorción acústica

La tabla siguiente recoge la ficha justificativa del cumplimiento de los valores límite de *tiempo de reverberación* y de absorción acústica mediante el método de cálculo

Tipo de recinto: Hall (Planta baja)			Volumen, V (m ³):				58.78
Elemento	Acabado	S Área, (m ²)	α_m Coeficiente de absorción acústica medio				Absorción acústica (m ²) $\alpha_m \cdot S$
			500	1000	2000	α_m	
Suelo	Mármol	18.37	0.01	0.02	0.02	0.02	0.36
Techo	Gyptone	18.37	0.8	0.7	0.6	0.7	12.85
Paramentos							
Pared	Yeso	34.86	0.04	0.06	0.05	0.05	1.743
Puerta	Metálico	10.51	0.02	0.02	0.02	0.02	0.210
Ventana	Vidrio	9.02	0.027	0.03	0.02	0.03	0.232
Objetos ⁽¹⁾ Tipo			Área de absorción acústica equivalente media, A _{o,m} (m ²)				A _{o,m} · N
			500	1000	2000	A _{o,m}	
Absorción aire ⁽²⁾			Coeficiente de atenuación del aire, $\overline{m_m}$ (m ⁻¹) Anejo I				4 · $\overline{m_m}$ · V
			500	1000	2000	$\overline{m_m}$	
			0,003	0,005	0,01	0,006	
A, (m ²) Absorción acústica del recinto resultante			$A = \sum_{i=1}^n \alpha_{m,i} \cdot S_i + \sum_{j=1}^N A_{o,m,j} + 4 \cdot \overline{m_m} \cdot V$				15.40
T, (s) Tiempo de reverberación resultante			$T = \frac{0,16 \cdot V}{A}$				0.61
Absorción acústica resultante de la zona común A (m ²)=			Absorción acústica exigida				
			15.40	≥	11.75	= 0,2 · V	
Tiempo de reverberación resultante T (s)=			-	≤	-	Tiempo de reverberación exigido	

(1) Sólo para salas de conferencias hasta 350 m³

(2) Sólo para volúmenes mayores a 250 m³

Tipo de recinto: Espera (Planta primera)			Volumen, V (m ³):				104.60
Elemento	Acabado	S Área, (m ²)	α_m Coeficiente de absorción acústica medio				Absorción acústica (m ²) S α_m
			500	1000	2000	α_m	
Suelo	Mármol	32.69	0.01	0.02	0.02	0.02	0.65
Techo	Gyptone	32.69	0.8	0.7	0.6	0.7	22.88
Paramentos							
Pared	Yeso	62.52	0.04	0.06	0.05	0.05	3.12
Puerta	Metálico	5.63	0.02	0.02	0.02	0.02	0.11
Ventana	Vidrio	6.72	0.027	0.03	0.02	0.03	0.17
Objetos ⁽¹⁾ Tipo			Área de absorción acústica equivalente media, A _{O,m} (m ²)				A _{O,m} · N
			500	1000	2000	A _{O,m}	
Absorción aire ⁽²⁾			Coeficiente de atenuación del aire, $\overline{m_m}$ (m ⁻¹) Anejo I				4 · $\overline{m_m}$ · V
			500	1000	2000	$\overline{m_m}$	
			0,003	0,005	0,01	0,006	
A, (m ²) Absorción acústica del recinto resultante			$A = \sum_{i=1}^n \alpha_{m,i} \cdot S_i + \sum_{j=1}^N A_{O,m,j} + 4 \cdot \overline{m_m} \cdot V$				26.85
T, (s) Tiempo de reverberación resultante			$T = \frac{0,16 \cdot V}{A}$				0.62
Absorción acústica resultante de la zona común A (m ²)=			Absorción acústica exigida ≥ 20.92 = 0,2 · V				
Tiempo de reverberación resultante T (s)=			Tiempo de reverberación exigido ≤ -				

Tipo de recinto: Pasillo (Planta primera)			Volumen, V (m ³):				28.89
Elemento	Acabado	S Área, (m ²)	α_m Coeficiente de absorción acústica medio				Absorción acústica (m ²) S α_m
			500	1000	2000	α_m	
Suelo	Mármol	9.028	0.01	0.02	0.02	0.02	0.18
Techo	Gyptone	9.028	0.8	0.7	0.6	0.7	6.32
Paramentos							
Pared	Yeso	36.66	0.04	0.06	0.05	0.05	1.83
Puerta	Metálico	15.54	0.02	0.02	0.02	0.02	0.18
Objetos ⁽¹⁾ Tipo			Área de absorción acústica equivalente media, α_m (m ²)				$\alpha_m \cdot N$
			500	1000	2000	$A_{O,m}$	
Absorción aire ⁽²⁾			Coeficiente de atenuación del aire, $\overline{m_m}$ (m ⁻¹) Anejo I				$4 \cdot \overline{m_m} \cdot V$
			500	1000	2000	$\overline{m_m}$	
			0,003	0,005	0,01	0,006	
A, (m ²) Absorción acústica del recinto resultante			$A = \sum_{i=1}^n \alpha_{m,i} \cdot S_i + \sum_{j=1}^N A_{O,m,j} + 4 \cdot \overline{m_m} \cdot V$				8.32
T, (s) Tiempo de reverberación resultante			$T = \frac{0,16 \cdot V}{A}$				0.55
Absorción acústica resultante de la zona común A (m ²)=			Absorción acústica exigida ≥ 5.77 = 0,2 · V				
Tiempo de reverberación resultante T (s)=			Tiempo de reverberación exigido ≤ -				

Tipo de recinto: Pasillo (Planta segunda)			Volumen, V (m ³):				56.06
Elemento	Acabado	S Área, (m ²)	α_m Coeficiente de absorción acústica medio				Absorción acústica (m ²) $\alpha_m \cdot S$
			500	1000	2000	α_m	
Suelo	Mármol	17.52	0.01	0.02	0.02	0.02	0.35
Techo	Gyptone	17.52	0.8	0.7	0.6	0.7	12.26
Paramentos							
Pared	Yeso	42.53	0.04	0.06	0.05	0.05	2.126
Puerta	Metálico	5.63	0.02	0.02	0.02	0.02	0.113
	Vidrio	5.28	0.027	0.03	0.02	0.03	0.136
Objetos ⁽¹⁾	Tipo		Área de absorción acústica equivalente media, A _{o,m} (m ²)				A _{o,m} · N
			500	1000	2000	A _{o,m}	
Absorción aire ⁽²⁾			Coeficiente de atenuación del aire, $\overline{m_m}$ (m ⁻¹) Anejo I				$4 \cdot \overline{m_m} \cdot V$
			500	1000	2000	$\overline{m_m}$	
			0,003	0,005	0,01	0,006	
A, (m ²) Absorción acústica del recinto resultante			$A = \sum_{i=1}^n \alpha_{m,i} \cdot S_i + \sum_{j=1}^N A_{o,m,j} + 4 \cdot \overline{m_m} \cdot V$				14.98
T, (s) Tiempo de reverberación resultante			$T = \frac{0,16 \cdot V}{A}$				0.60
Absorción acústica resultante de la zona común A (m ²)=			14.787	Absorción acústica exigida ≥ 11.21 = 0,2 · V			
Tiempo de reverberación resultante T (s)=			-	Tiempo de reverberación exigido ≤ -			

Tipo de recinto: Aula 2			Volumen, V (m ³):				119.36
Elemento	Acabado	S Área, (m ²)	α_m Coeficiente de absorción acústica medio				Absorción acústica (m ²) $\alpha_m \cdot S$
			500	1000	2000	α_m	
Suelo	Linóleo	53.02	0.03	0.03	0.04	0.03	1.78
Techo	Gyptone	53.02	0.8	0.7	0.6	0.7	37.45
Paramentos							
Pared	Yeso	83.1	0.04	0.06	0.05	0.05	4.16
Puerta	Metálico	2.82	0.02	0.02	0.02	0.02	0.06
	Vidrio	12.32	0.027	0.03	0.02	0.03	0.32
Objetos ⁽¹⁾	Tipo	Área de absorción acústica equivalente media, A _{O,m} (m ²)				A _{O,m} · N	
		500	1000	2000	A _{O,m}		
Absorción aire ⁽²⁾			Coeficiente de atenuación del aire, $\overline{m_m}$ (m ⁻¹) Anejo I				$4 \cdot \overline{m_m} \cdot V$
			500	1000	2000	$\overline{m_m}$	
			0,003	0,005	0,01	0,006	
A, (m ²) Absorción acústica del recinto resultante			$A = \sum_{i=1}^n \alpha_{m,i} \cdot S_i + \sum_{j=1}^N A_{O,m,j} + 4 \cdot \overline{m_m} \cdot V$				43.76
T, (s) Tiempo de reverberación resultante			$T = \frac{0,16 \cdot V}{A}$				0.63
Absorción acústica resultante de la zona común A (m ²)=			-	Absorción acústica exigida ≥ - = 0,2 · V			
Tiempo de reverberación resultante T (s)=			0.63	Tiempo de reverberación exigido ≤ 0.7			

Tipo de recinto: Aula 3			Volumen, V (m ³):				120.8
Elemento	Acabado	S Área, (m ²)	α_m Coeficiente de absorción acústica medio				Absorción acústica (m ²) $\alpha_m \cdot S$
			500	1000	2000	α_m	
Suelo	Linóleo	35.75	0.03	0.03	0.04	0.03	1.07
Techo	Gyptone	35.75	0.8	0.7	0.6	0.7	25.03
Paramentos							
Pared	Yeso	66.62	0.04	0.06	0.05	0.05	3.33
Puerta	Metálico	2.82	0.02	0.02	0.02	0.02	0.06
	Vidrio	6.72	0.027	0.03	0.02	0.03	0.17
Objetos ⁽¹⁾	Tipo	Área de absorción acústica equivalente media, A _{O,m} (m ²)				A _{O,m} · N	
		500	1000	2000	A _{O,m}		
Absorción aire ⁽²⁾		Coeficiente de atenuación del aire, $\overline{m_m}$ (m ⁻¹) Anejo I				$4 \cdot \overline{m_m} \cdot V$	
		500	1000	2000	$\overline{m_m}$		
		0,003	0,005	0,01	0,006		
A, (m ²) Absorción acústica del recinto resultante		$A = \sum_{i=1}^n \alpha_{m,i} \cdot S_i + \sum_{j=1}^N A_{O,m,j} + 4 \cdot \overline{m_m} \cdot V$					29.78
T, (s) Tiempo de reverberación resultante		$T = \frac{0,16 \cdot V}{A}$					0.65
Absorción acústica resultante de la zona común A (m ²)=		-	Absorción acústica exigida ≥ - = 0,2 · V				
Tiempo de reverberación resultante T (s)=		0.65	Tiempo de reverberación exigido ≤ 0.7				

Tipo de recinto: Aula 1			Volumen, V (m ³):				119.84
Elemento	Acabado	S Área, (m ²)	α_m Coeficiente de absorción acústica medio				Absorción acústica (m ²) $\alpha_m \cdot S$
			500	1000	2000	α_m	
Suelo	Linóleo	37.30	0.03	0.04	0.04	0.036	0.62
Techo	Gyptone	37.30	0.8	0.7	0.6	0.7	26.22
Paramentos							
Pared	Yeso	64.77	0.04	0.06	0.05	0.05	3.61
Puerta	Metálico	2.82	0.02	0.02	0.02	0.02	0.05
	Vidrio	11.47	0.027	0.03	0.02	0.03	0.10
Objetos ⁽¹⁾	Tipo	Área de absorción acústica equivalente media, A _{o,m} (m ²)				A _{o,m} · N	
		500	1000	2000	A _{o,m}		
Absorción aire ⁽²⁾		Coeficiente de atenuación del aire, $\overline{m_m}$ (m ⁻¹) Anejo I				$4 \cdot \overline{m_m} \cdot V$	
		500	1000	2000	$\overline{m_m}$		
		0,003	0,005	0,01	0,006		
A, (m ²) Absorción acústica del recinto resultante		$A = \sum_{i=1}^n \alpha_{m,i} \cdot S_i + \sum_{j=1}^N A_{o,m,j} + 4 \cdot \overline{m_m} \cdot V$					30.60
T, (s) Tiempo de reverberación resultante		$T = \frac{0,16 \cdot V}{A}$					0.63
Absorción acústica resultante de la zona común A (m ²)=		-	Absorción acústica exigida ≥ - = 0,2 · V				
Tiempo de reverberación resultante T (s)=		0.63	Tiempo de reverberación exigido ≤ 0.7				

Tipo de recinto: Aula 4-5			Volumen, V (m ³):				119.36
Elemento	Acabado	S Área, (m ²)	α_m Coeficiente de absorción acústica medio				Absorción acústica (m ²) $\alpha_m \cdot S$
			500	1000	2000	α_m	
Suelo	Linóleo	37.30	0.01	0.02	0.02	0.02	0.74
Techo	Gyptone	37.30	0.8	0.7	0.6	0.7	26.11
Paramentos							
Pared	Yeso	72.18	0.04	0.06	0.05	0.05	3.61
Puerta	Metálico	2.82	0.02	0.02	0.02	0.02	0.05
	Vidrio	4.06	0.027	0.03	0.02	0.03	0.10
Objetos ⁽¹⁾		Tipo	Área de absorción acústica equivalente media, A _{O,m} (m ²)				A _{O,m} · N
			500	1000	2000	A _{O,m}	
Absorción aire ⁽²⁾			Coeficiente de atenuación del aire, $\overline{m_m}$ (m ⁻¹) Anejo I				$4 \cdot \overline{m_m} \cdot V$
			500	1000	2000	$\overline{m_m}$	
			0,003	0,005	0,01	0,006	
A, (m ²) Absorción acústica del recinto resultante			$A = \sum_{i=1}^n \alpha_{m,i} \cdot S_i + \sum_{j=1}^N A_{O,m,j} + 4 \cdot \overline{m_m} \cdot V$				30.61
T, (s) Tiempo de reverberación resultante			$T = \frac{0,16 \cdot V}{A}$				0.62
Absorción acústica resultante de la zona común A (m ²)=		-	Absorción acústica exigida ≥ - = 0,2 · V				
Tiempo de reverberación resultante T (s)=		0.62	Tiempo de reverberación exigido ≤ 0.7				

Tipo de recinto: Sala polivalente			Volumen, V (m ³):				236.86
Elemento	Acabado	S Área, (m ²)	α_m Coeficiente de absorción acústica medio				Absorción acústica (m ²) $\alpha_m \cdot S$
			500	1000	2000	α_m	
Suelo	Linóleo	74.02	0.03	0.03	0.04	0.03	2.47
Techo	Gyptone	74.02	0.8	0.7	0.6	0.7	51.81
Paramentos							
Pared	Yeso	79.46	0.04	0.06	0.05	0.05	3.97
Puerta	Metálico	7.7	0.02	0.02	0.02	0.02	0.59
	Vidrio	22.9	0.027	0.03	0.02	0.03	0.74
Objetos ⁽¹⁾ Tipo			Área de absorción acústica equivalente media, A _{o,m} (m ²)				A _{o,m} · N
			500	1000	2000	A _{o,m}	
Absorción aire ⁽²⁾			Coeficiente de atenuación del aire, $\overline{m_m}$ (m ⁻¹) Anejo I				$4 \cdot \overline{m_m} \cdot V$
			500	1000	2000	$\overline{m_m}$	
			0,003	0,005	0,01	0,006	
A, (m ²) Absorción acústica del recinto resultante			$A = \sum_{i=1}^n \alpha_{m,i} \cdot S_i + \sum_{j=1}^N A_{o,m,j} + 4 \cdot \overline{m_m} \cdot V$				59.00
T, (s) Tiempo de reverberación resultante			$T = \frac{0,16 \cdot V}{A}$				0.64
Absorción acústica resultante de la zona común A (m ²)=			-	Absorción acústica exigida ≥ - = 0,2 · V			
Tiempo de reverberación resultante T (s)=			0.64	Tiempo de reverberación exigido ≤ 0.7			

ANEXO III. PROGRAMA DE SIMULACIÓN: CATT ACOUSTIC.

1. Objetivo.

El objetivo del presente anexo, es realizar una simulación acústica a través del programa CATT Acoustic v.8, para determinar el comportamiento acústico que presenta un recinto.

Tal como se especifico anteriormente, el DB-HR no estipula que sea necesario un estudio detallado de los recintos con volumen inferior a 350 m^3 , como es el caso de todas las salas que componen el edificio, aún así se realizará dicha simulación a modo de ejemplo, para determinar cómo se hubiese actuado en tal caso.

Se tendrá como restricción, que el tiempo de reverberación sea inferior a 0.7 segundos, según normativa.

El recinto a estudiar será la sala polivalente, por disponer de un volumen superior al resto.

2. Descripción de la sala.

La sala polivalente se encuentra en la planta baja del edificio.

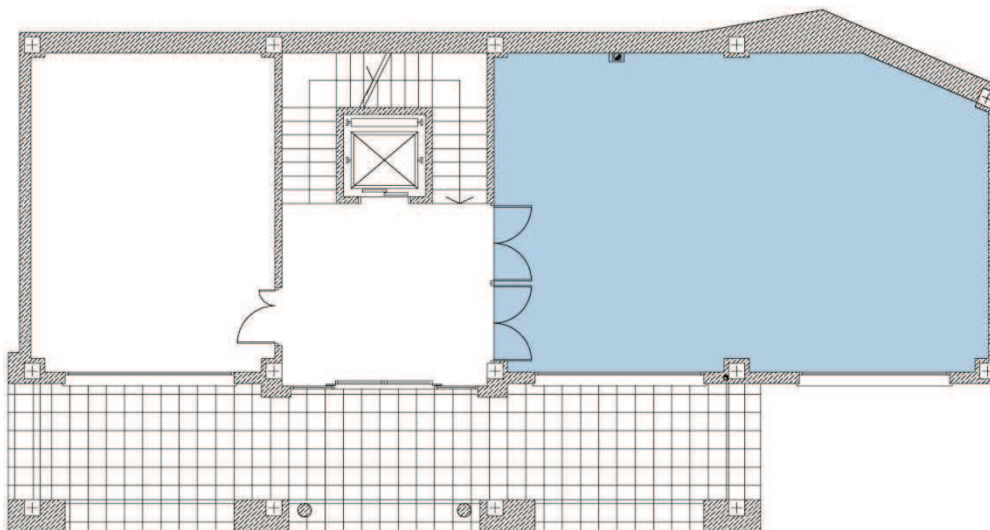


Figura 1. Localización de la sala polivalente.

Cuenta con una superficie útil de 74.02 m² en planta, un volumen de 236.86 m³ y una altura libre de 3,20 metros tras la instalación del techo acústico en toda la sala.

Se consideran las puertas de acceso y los dos ventanales tal y como se indica en los planos facilitados, encontrándose ésta sin amueblar.

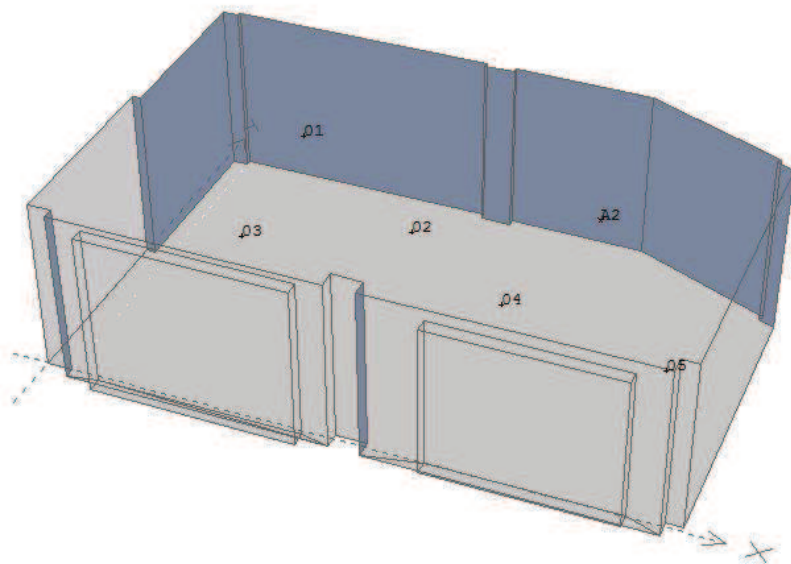


Figura 2. Perspectiva de la sala polivalente.

Materiales de acabado interiores.

- Suelo: Pavimento de linóleo de la marca Armstrong modelo Marmorette LPX, de 2,5 mm. de espesor
- Techo continuo fonoabsorbente fabricado en base a Placa de Yeso Laminado, con perforaciones realizadas mediante punzonado, comúnmente conocido como GYPTONE QUATTRO 41.
- Paredes de todo el recinto de suelo a techo (laterales, delantera y trasera): Placas de yeso laminado PLACO PHONIQUE.

En total, se estima una superficie a tratar de 422.50 m² en paredes.

- Puerta acústica RS6 de la compañía ACÚSTICA INTEGRAL.
- Ventanas: SGG CLIMALIT/ SGG CLIMALIT PLUS SILENCE 10/12/44.1

Presentada ya la sala, se procederá a explicar el programa utilizado.

3. Descripción del programa CATT Acoustic.

CATT-Acoustic es un programa de simulación y auralización (recreación virtual de los sonidos) del campo acústico interior de recintos.

Para ello combina el Algoritmo de Trazado de Rayos (basado en el trazado y seguimiento de los rayos sonoros desde una fuente, hasta un receptor siguiendo las leyes de la acústica geométrica y considerando hasta un cierto orden de reflexiones) y el Algoritmo de las Fuentes Imagen (creación de imágenes de la fuente en cada superficie a partir de la geometría especular).

Todos los procedimientos de simulación pretenden conocer el comportamiento del campo sonoro en un recinto nuevo o remodelado, sin haberse construido, con el fin de obtener el valor óptimo del mismo. En el presente estudio, a pesar de que el edificio se encuentre ya definido y proyectado, se hará una simulación acústica para estudiar el comportamiento frente a distintos materiales y sus dimensiones.

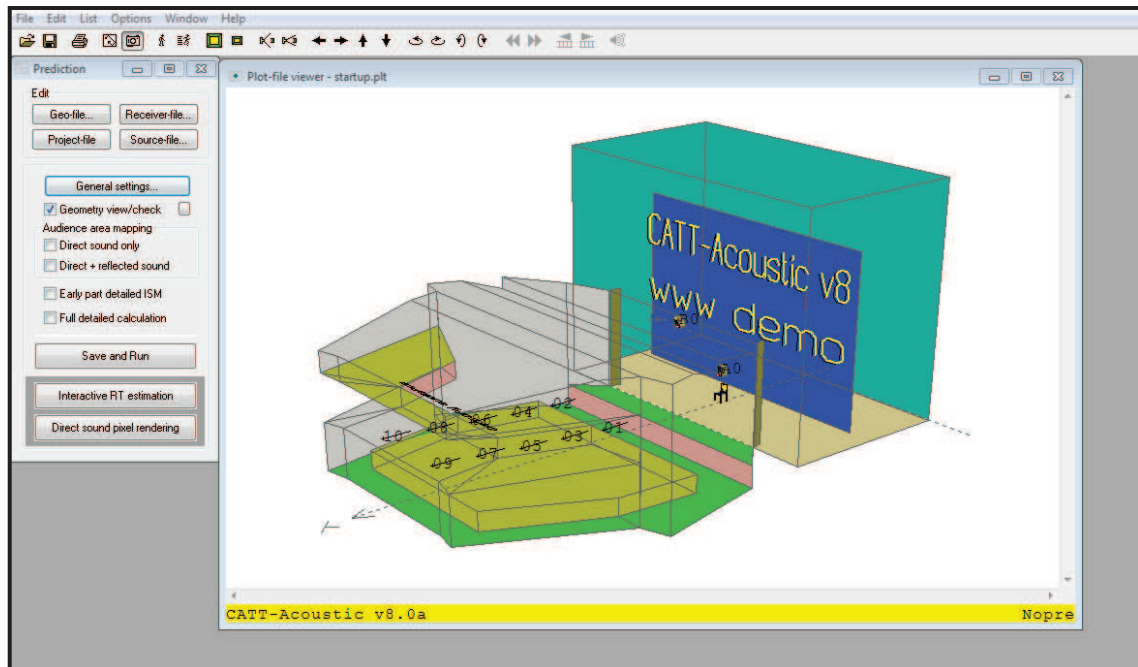
Cabe destacar que la versión demo que vamos a utilizar tiene algunas limitaciones, las cuales son importantes tenerlas en cuenta a la hora de interpretar los resultados. Éstas son:

- Reflexiones especulares, como máximo, de orden 3 para el cálculo detallado de las primeras reflexiones utilizando el algoritmo de las fuentes imagen.
- Un máximo de 1000 rayos/octava para los cálculos completos utilizando el algoritmo RTC (trazado de conos) y 3000 para los mapeados sobre planos de audiencia.

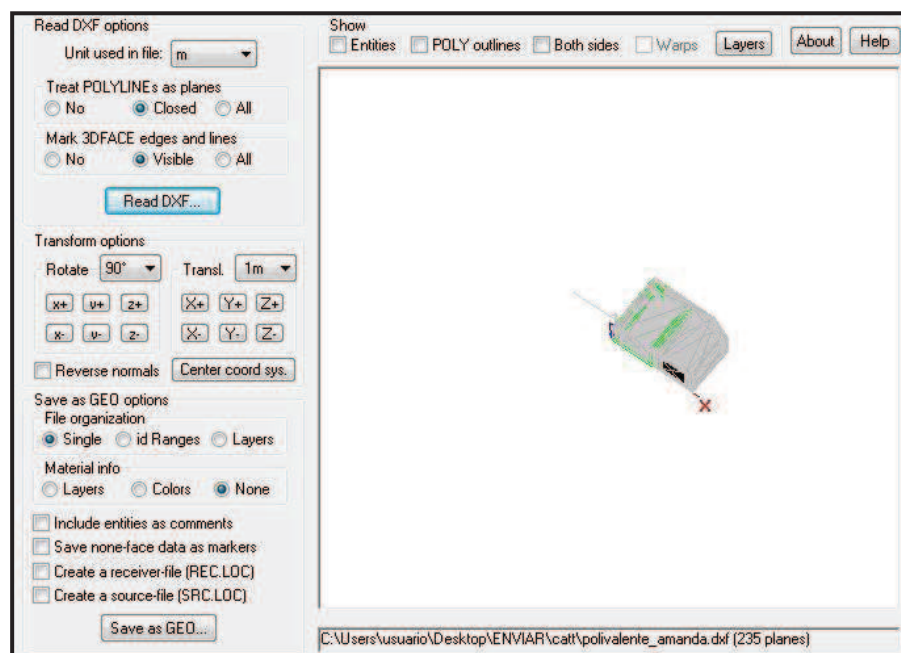
Presentado el programa, pasamos a especificar los pasos que se deben seguir para la simulación acústica de la sala.

4. Pasos a seguir para la Configuración del modelo de cálculo, de las fuentes sonoras y receptores en el interior de la sala.

- Se abre el programa CATT Acoustic y directamente sale esta pantalla.

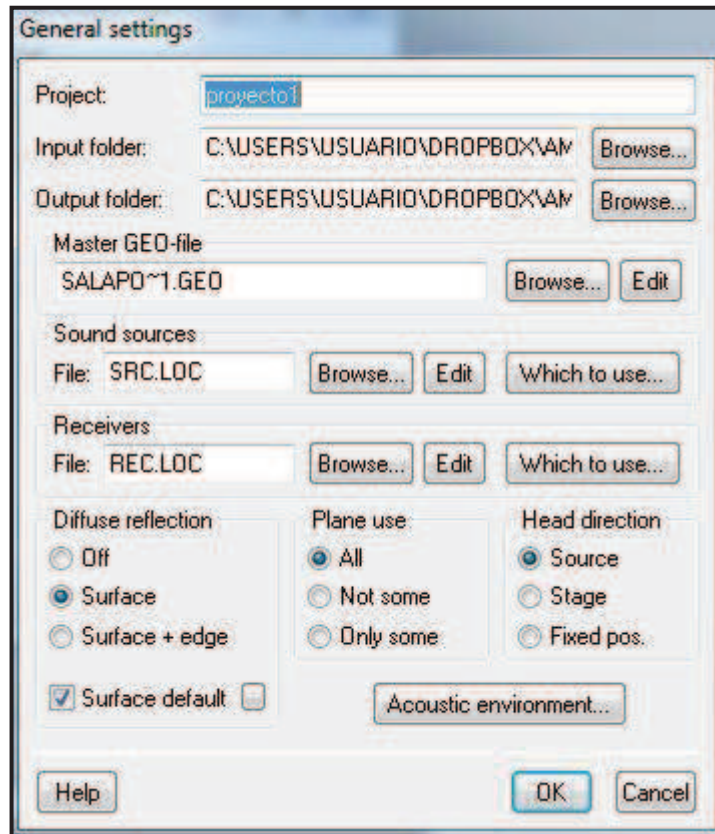


- Se introduce el archivo dxf con el volumen de la sala definido, a través de los siguientes comandos: “File – External CATT Tool – Dxf2GEO” . Apareciendo la siguiente pantalla:



A través del botón “ReadDXF”, se busca el archivo y se da a “Save as GEO”, convirtiéndose el archivo dxf en geo, formato válido para introducirlo en CATT Acoustic.

- A continuación se comienzan a introducir los datos en la pestañita “General settings”



- Se dará un nombre al proyecto y se especificará dónde se van a guardar los datos de entrada “Input folder” y los resultados “Output folder”, y en qué formato se quieren.
- Se introducirá el archivo convertido en geo (apartado primero), en la pestañita Master GEO-file a través del botón Browse, en el cuál se especifica tanto la geometría como los coeficientes de absorción de la sala.
- Igualmente se incluirán los datos de la fuente (SRC) y los de los receptores (REC) distribuidos por la zona de audiencia, previamente señalada en “direct sound only”, “Audience planes”. Tanto las fuentes como los receptores serán activados haciendo clic en “wich to use”.

- Una vez introducidos todos los datos, se marcará únicamente la opción “Geometry view/check” y luego sobre “Save and Run”. Esto creará los ficheros básicos con las imágenes de la geometría para comprobar si los planos están bien orientados. (la cara coloreada mirara al interior del volumen y la cara negra hacia el exterior, si no fuese así significa que el orden de los vértices está al revés, y para corregirlo, habrá que invertir el orden, al definir el plano correspondiente en el fichero de geometría.

Todos los cambios se realizarán editando el fichero “MASTER.GEO”, y comprobando dichos cambios volviendo a dar a “Save and Run”

- Aceptando que la geometría ya es correcta, se procede a iniciar la predicción del campo acústico del recinto. El programa ofrece tres tipos diferentes de cálculo:
 - Mapeado del área de audiencia: representación de los valores de los parámetros mediante mapas de color sobre los planos de audiencia seleccionados. Utiliza el algoritmo de trazado de rayos.
 - Primeras reflexiones detalladas ISM: cálculo detallado de las primeras reflexiones para el estudio cualitativo de los caminos de reflexión. Se basa en el modelo de las fuentes imagen (ISM).
 - Cálculo detallado completo: ecograma completo detallado que se puede utilizar para auralización y estimación de parámetros acústicos de calidad de salas. Se basa en el algoritmo Randomized Tail-corrected Cone-tracing (RTC), trazado de conos con corrección estadística en la fase final de la caída.
- Se dejarán todos los items que vengan por defecto, de cada una de las ventanas emergentes.
- Una vez seleccionado, se marca “save and run” y se comprueba que los datos obtenidos concuerdan con el objetivo buscado, en especial que el tiempo de reverberación sea inferior a 0.7 segundos.
- Si el tiempo de reverberación no es el buscado, se irán cambiando los materiales a emplear (con mayor o menos coeficiente de absorción según el caso), hasta conseguir que el T_s se encuentre dentro de los límites exigidos.

A continuación se muestran los datos finales obtenidos, tras varias pruebas, de todos los elementos que intervienen (geometría, coeficientes de absorción, fuentes y receptores)

Geometría y coeficientes de absorción.

ABS gytone = <50 70 80 70 60 55>; Ficha técnica

ABS linóleo = <2 3 3 3 4 4>; Acústica arquitectónica soluciones prácticas Manuel Recuero

ABS placo = <31 7 4 6 5 3>; Ficha técnica.

ABS vidrio = <3.5 4 2.7 3 2 2>; Acústica arquitectónica soluciones prácticas Manuel Recuero

ABS metálica = <1 1 2 2 2 2>; Acústica arquitectónica soluciones prácticas Manuel Recuero

ABS audiencia = <0 0 0 0 0 0>

CORNERS

0	0.445460	0.000000	0.000000
1	0.445460	-0.200000	0.000000
2	5.199220	-0.200000	0.000000
3	5.199220	0.100000	0.000000
4	5.749220	0.100000	0.000000
5	5.750000	-0.200000	0.000000
6	10.700000	-0.200000	0.000000
7	10.700000	0.100000	0.000000
8	11.000000	0.100000	0.000000
9	11.000000	5.498881	0.000000
10	10.702941	5.618374	0.000000
11	10.739869	5.711306	0.000000
12	8.220823	6.800000	0.000000
13	5.750000	6.800000	0.000000
14	5.750000	6.700000	0.000000
15	5.200000	6.700000	0.000000
16	5.200000	6.800000	0.000000
17	0.450000	6.800000	0.000000
18	0.450000	6.700000	0.000000
19	0.150000	6.700000	0.000000
20	0.150000	3.500000	0.000000
21	0.000000	3.500000	0.000000
22	0.000000	0.000000	0.000000
23	0.445460	0.000000	3.200000
24	0.000000	0.000000	3.200000
25	0.445460	-0.200000	3.200000
26	5.199220	-0.200000	3.200000
27	5.199220	0.100000	3.200000
28	5.749220	0.100000	3.200000
29	5.750000	-0.200000	3.200000
30	10.700000	-0.200000	3.200000
31	10.700000	0.100000	3.200000
32	11.000000	0.100000	3.200000
33	11.000000	5.498881	3.200000
34	10.702941	5.618374	3.200000
35	10.739869	5.711306	3.200000
36	8.220823	6.800000	3.200000
37	5.750000	6.800000	3.200000

38	5.750000	6.700000	3.200000
39	5.200000	6.700000	3.200000
40	5.200000	6.800000	3.200000
41	0.450000	6.800000	3.200000
42	0.450000	6.700000	3.200000
43	0.150000	6.700000	3.200000
44	0.150000	3.500000	3.200000
45	0.000000	3.500000	3.200000
46	6.850000	-0.450000	0.200000
47	6.850000	-0.450000	3.000000
48	10.150000	-0.450000	0.200000
49	10.150000	-0.450000	3.000000
50	4.750000	-0.450000	0.100000
51	4.750000	-0.450000	3.100000
52	1.050000	-0.450000	3.100000
53	1.050000	-0.450000	0.100000
54	6.850000	-0.200000	0.200000
55	6.850000	-0.200000	3.000000
56	10.150000	-0.200000	0.200000
57	10.150000	-0.200000	3.000000
58	4.750000	-0.200000	0.100000
59	4.750000	-0.200000	3.100000
60	1.050000	-0.200000	3.100000
61	1.050000	-0.200000	0.100000

PLANES

;SUELO

[1 / 0 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 / Linóleo]

;TECHO

[2 / 24 23 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 / gyptone]

:PUERTA

[3 / 24 45 21 22 / metálica]

;PAREDES

[4 / 45 44 20 21 / placo]

[5 / 44 43 19 20 / placo]

[6 / 43 42 18 19 / placo]

[7 / 42 41 17 18 / placo]

[8 / 41 40 16 17 / placo]

[9 / 40 39 15 16 / placo]

[10 / 39 38 14 15 / placo]

[11 / 38 37 13 14 /placo]
[12 / 37 36 12 13 / placo]
[13 / 36 35 11 12 / placo]
[14 / 35 34 10 11 / placo]
[15 / 34 33 9 10 / placo]
[16 / 33 32 8 9 / placo]
[17 / 31 7 8 32 / placo]
[18 / 31 30 6 7 / placo]
[19 / 29 5 54 55 57 56 6 30 / placo]
[20 / 5 6 56 54 / placo]
[21 / 29 28 4 5 / placo]
[22 / 27 3 4 28 / placo]
[23 / 27 26 2 3 / placo]
[24 / 25 1 61 60 59 58 2 26 / placo]
[25 / 1 2 61 / placo]
[255 / 2 58 61 / placo]
[26 / 25 23 0 1 / placo]
[27 / 22 0 23 24 / placo]

;VENTANAS

[28 / 60 52 51 59 / vidrio]
[29 / 51 50 58 59 / vidrio]
[30 / 53 61 58 50 / vidrio]
[31 / 52 60 61 53 / vidrio]
[32 / 52 53 50 51 / vidrio]
[33 / 55 47 49 57 / vidrio]
[34 / 49 48 56 57 / vidrio]
[35 / 54 56 48 46 / vidrio]
[36 / 47 55 54 46 / vidrio]
[37 / 47 46 48 49 / vidrio]

* Decir que a través de la introducción del archivo geo, se obtiene una volumetría triangulada. La cual será simplificada para obtener menos planos, eliminando vértices y juntando planos. Para ello se dará a “edit” en la pestañita de Master GEO-file.

Tipo de fuente.

Sound sources. Se define en la pestañita edit y se eligen las que vayan a ser utilizadas en “Which to use”.

FICHERO SRC

;natural source

A2 5.00 3.5 1.50 omni 0.00 0.00 0.00 ; generic source position

Lp1m_a = Lp_pink 94

Observe que estos datos son:

- Identificador de la fuente.
- Su posición (x, y, z).
- Su directividad.
- Los puntos de orientación de las mismas (x, y, z).
- Niveles de presión sonora SPL (*Sound Pressure Level*), para las seis bandas de octava, a 1 m desde su centro acústico y en la dirección de su eje.
- Opcionalmente, cabe especificar los ángulos de giro y SPL para 8 y 16 kHz.

La directividad de las fuentes se puede manipular en el módulo Directivity. En nuestro ejemplo esta orientación es indiferente porque la fuente es omnidireccional.

Número de rayos.

La versión demo utilizada para la simulación, tiene la limitación de un máximo de 1000 rayos/octava para los cálculos completos utilizando el algoritmo RTC (trazado de conos) y 3000 para los mapeados sobre planos de audiencia

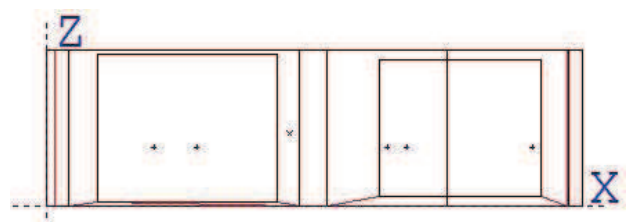
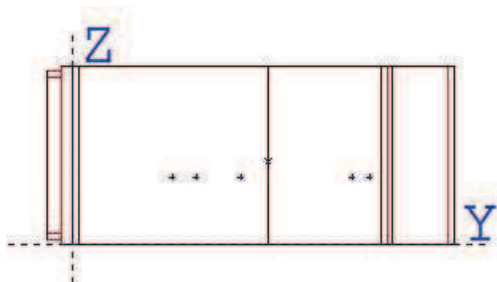
Receptores.

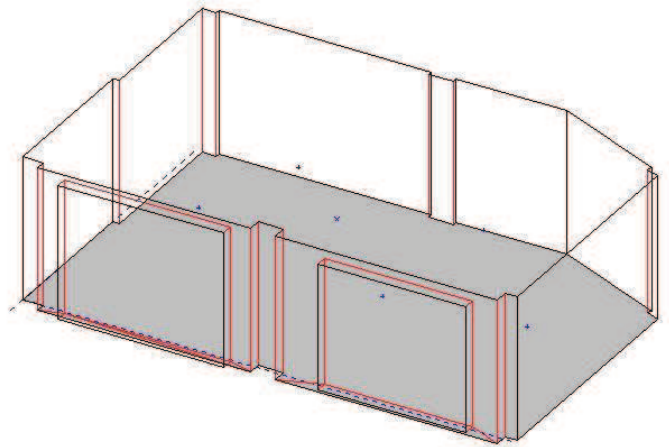
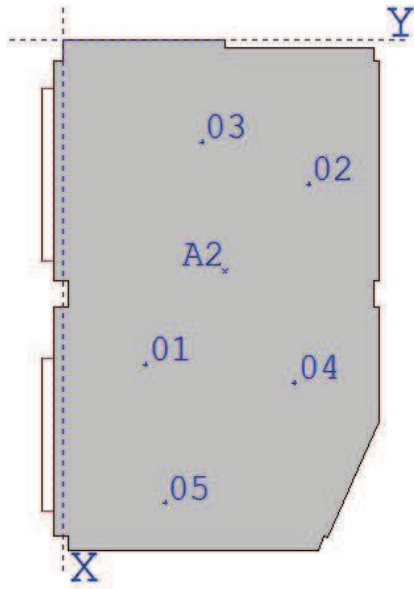
Receivers. Se define en la pestañita edit y se eligen las que vayan a ser utilizadas en “ Which to use”.

Se encuentran descritos en el fichero REC. Todos ellos se sitúan dentro del plano de audiencia.

RECEIVERS

1	7.00	1.80	1.20 ; generic receiver position
2	3.10	5.30	1.20 ; generic receiver position
3	2.20	3.00	1.20 ; generic receiver position
4	7.40	5.00	1.20 ; generic receiver position
5	10.00	2.20	1.20 ; generic receiver position





Otros datos.

Introducir los valores de humedad y temperatura para el cálculo. Ello se hará en General Setting, Acoustic Environment.

Se seleccionará el valor de 30% para los coeficientes de dispersión en Surface de-fault ya que la reflexión difusa puede afectar significativamente a los resultados.

5. Presentación de resultados:

De entre todos los datos acústicos que calcula el programa, se representan los más significativos dependiendo del uso del recinto.

Al tratarse de una sala polivalente, nos centraremos básicamente en el tiempo de reverberación y en la inteligibilidad de la palabra.

Tiempo de reverberación:

A modo de resumen, la siguiente tabla nos muestra el tiempo de reverberación de la sala medido en bandas de frecuencia y utilizando varios métodos como Sabine, Eyring, T-15, T-30... También nos proporciona la absorción media de la sala para cada banda de frecuencia.

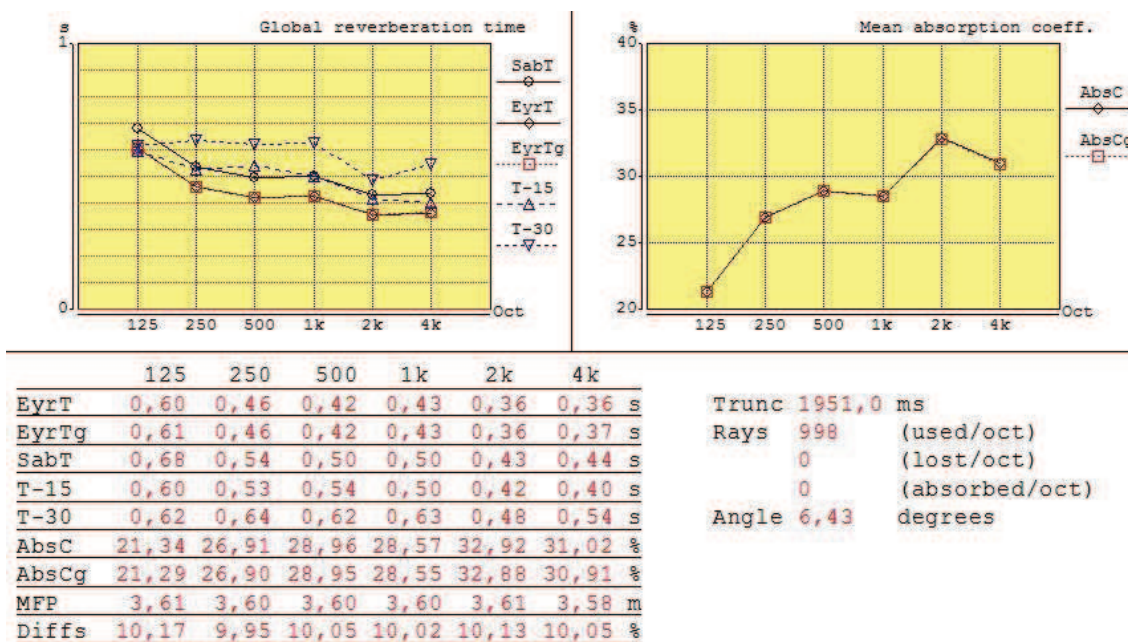


Figura 3: Parámetros acústicos: Tiempo de reverberación y absorción.

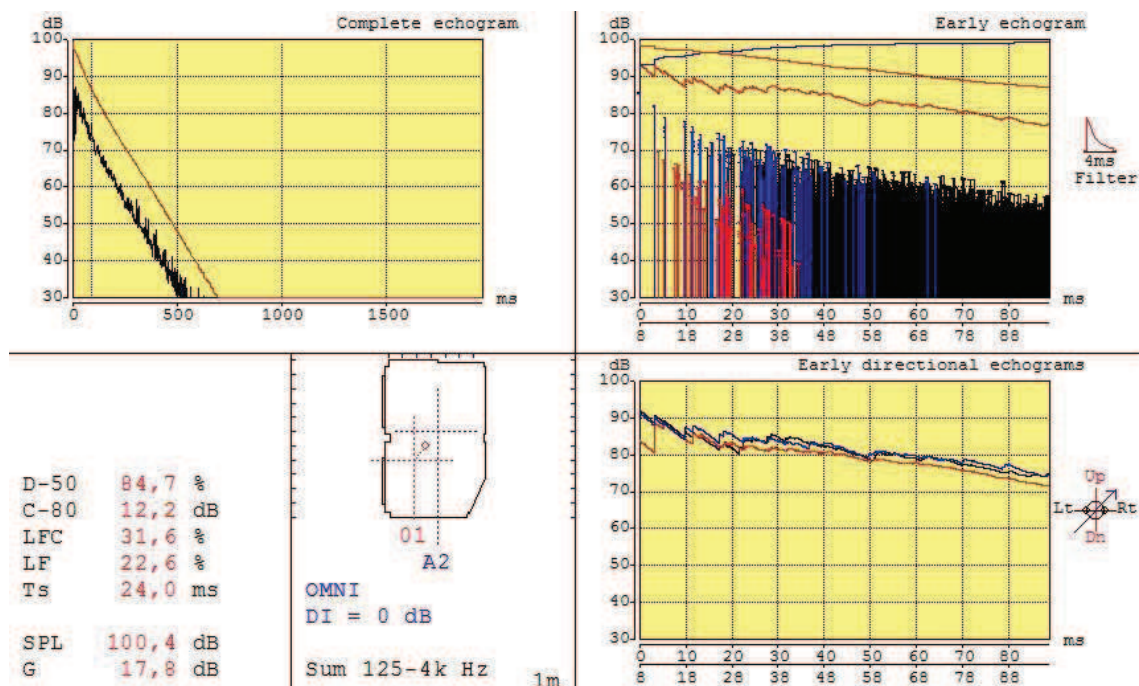
$$\text{Siendo el } TR_{\text{mid}} = RT(500\text{Hz}) + RT(1\text{kHz}) / 2 = 0.62$$

Ecogramas obtenidos:

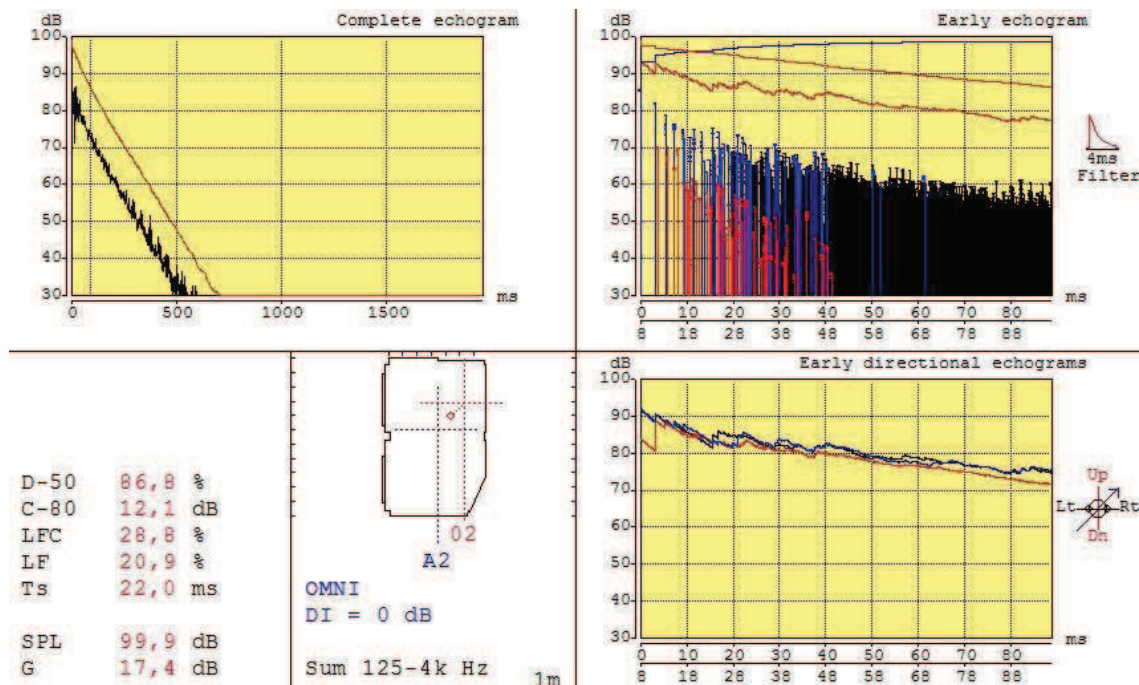
Los ecogramas o curvas ETC (Energy Time Curve), son gráficas de presión y tiempo. En ellos se ve directamente cuando llega el sonido directo y las sucesivas reflexiones, y si la presión de éstas cae de forma lineal respecto al tiempo o no.

Estos son los ecogramas resumen para cada uno de los cinco puntos de medida. También se presentan otros datos como la inteligibilidad, la claridad, la eficiencia lateral, etc

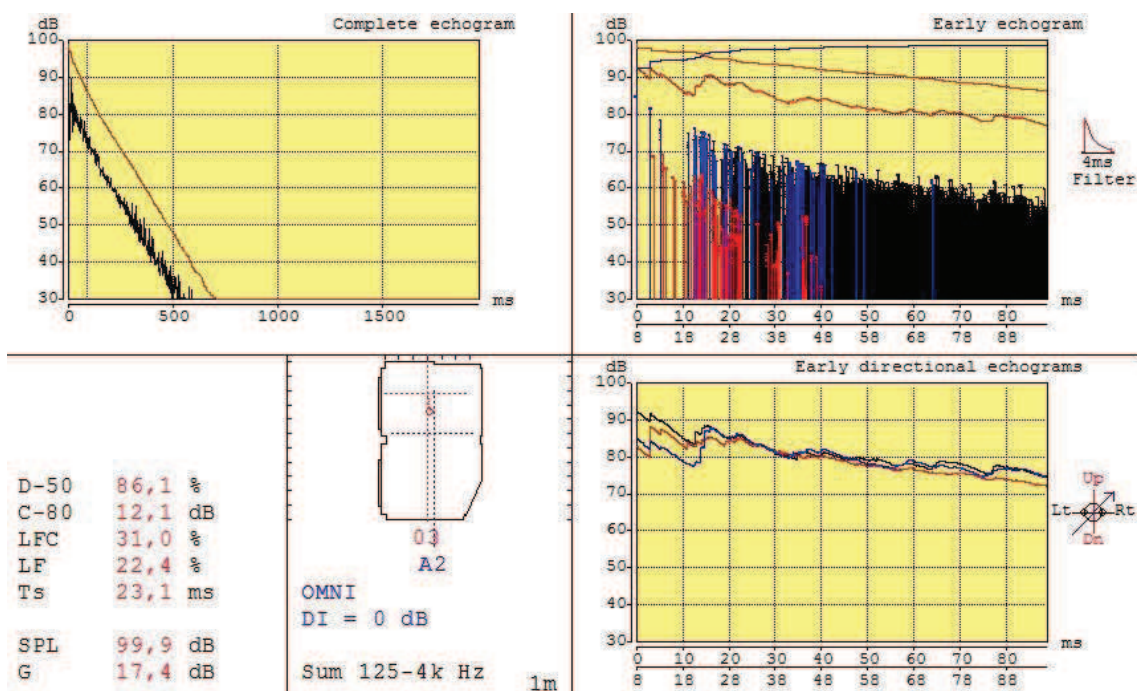
PUNTO 1



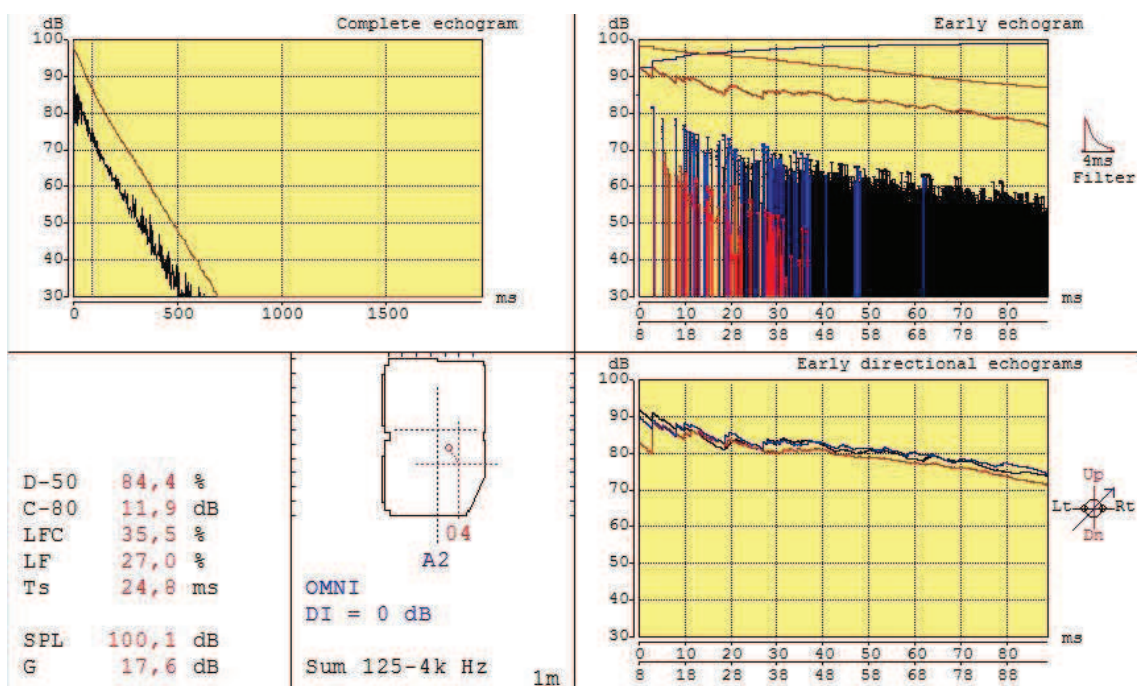
PUNTO 2



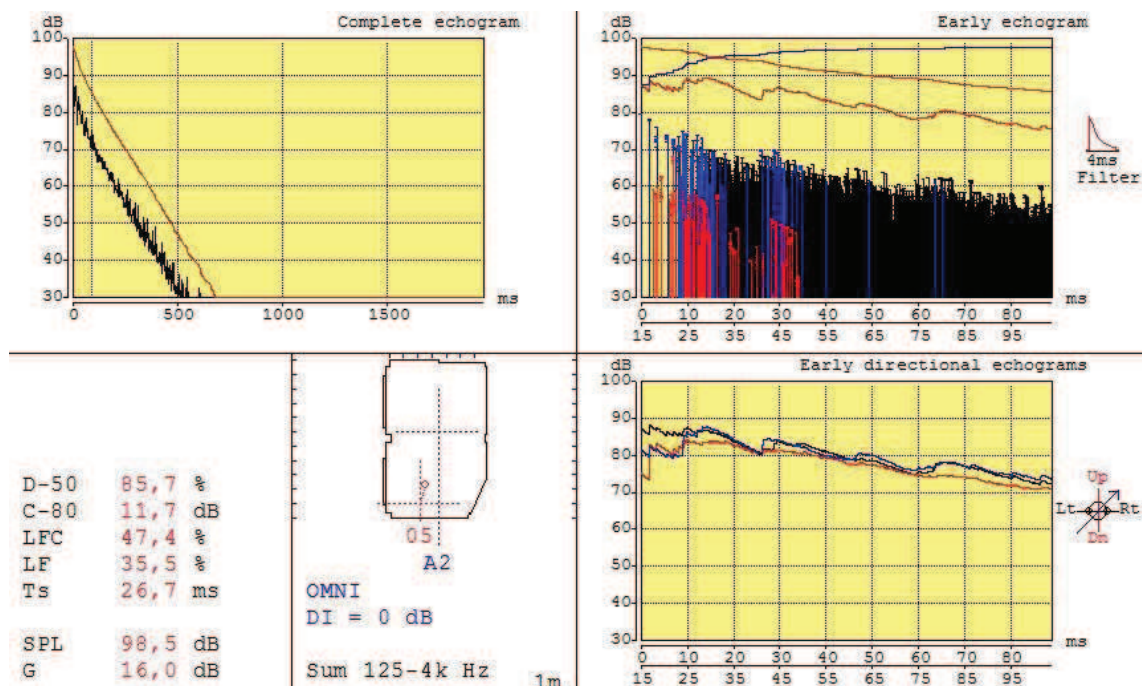
PUNTO 3



PUNTO 4



PUNTO 5



Con respecto a las anteriores figuras cabe destacar lo siguiente:

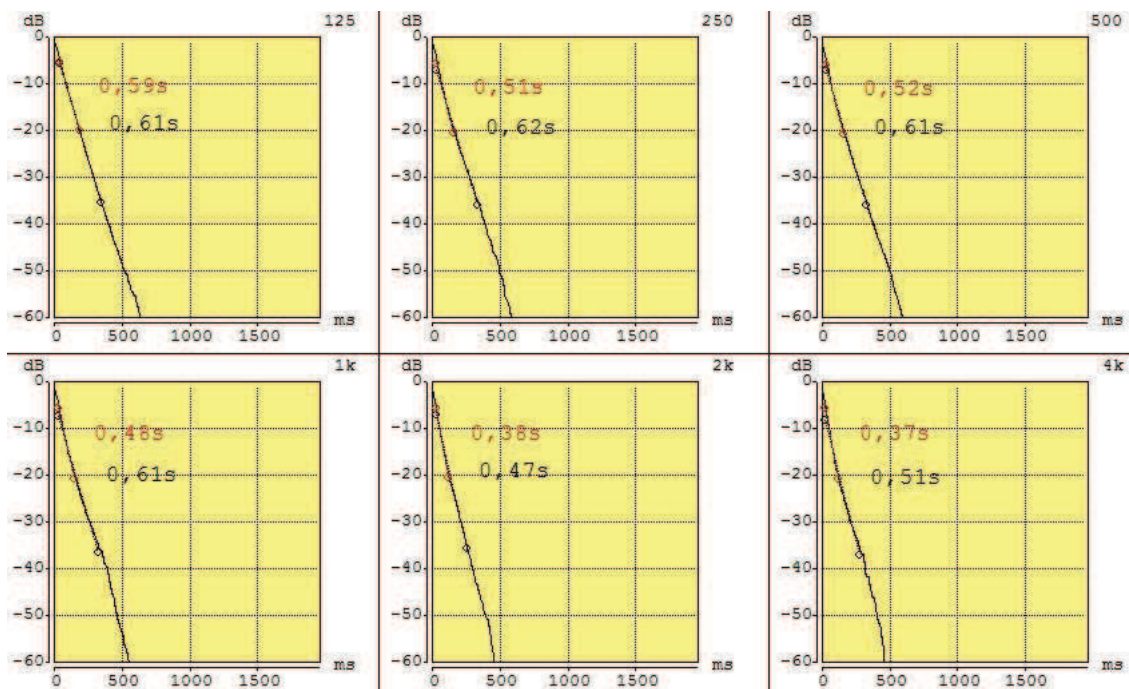
En la parte superior izquierda podemos observar el ecograma completo (curva de color negro) con la curva de caída obtenida por integración hacia atrás, integral de Schroeder (curva de color rojo), las rectas de regresión de los tiempos de reverberación T15 y T30 y los respectivos coeficientes de correlación.

La esquina superior derecha nos muestra un ecograma con las primeras reflexiones discretas, el sonido directo correspondiente con la línea azul marcada con una pequeña circunferencia en 0 ms. Las reflexiones especulares de primer y segundo orden están representadas por las barras azules y las reflexiones difusas de primer orden por las barras rojas y el resto de reflexiones por las negras.

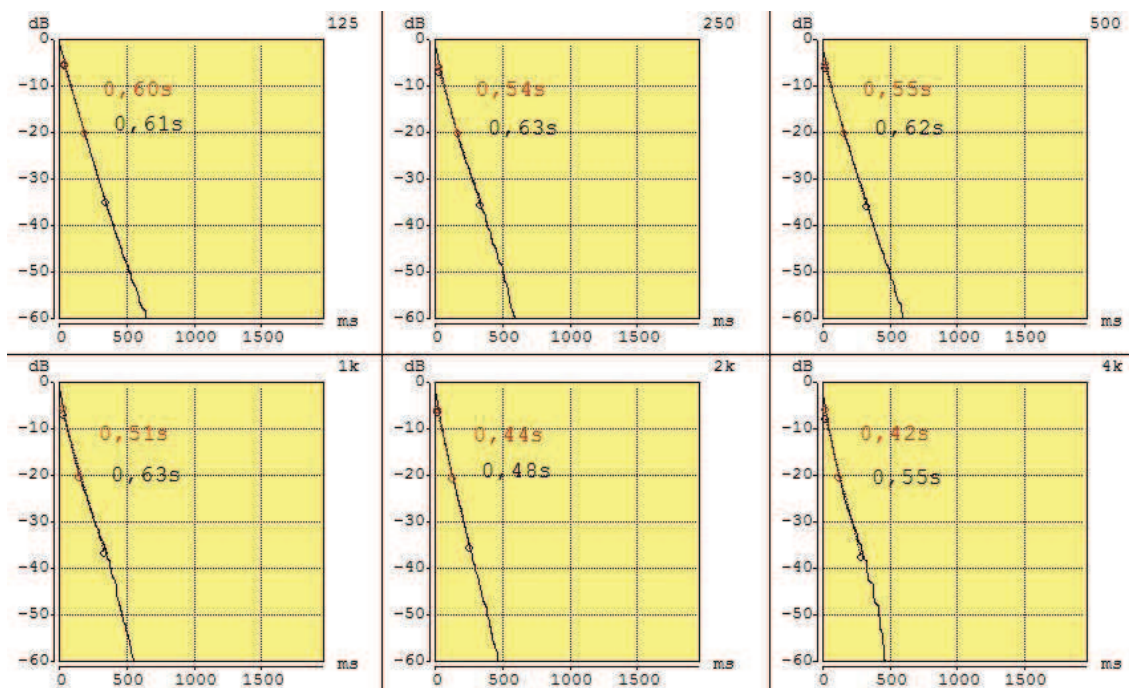
En la parte inferior derecha se puede observar un diagrama suavizado.

Si se integran los ecogramas anteriores obtenemos las curvas de decaimiento de Schröder, en las que se puede observar el tiempo de reverberación, curva de decaimiento de la energía obtenida una vez apagada la fuente. Existe la posibilidad de seleccionar las bandas de octava para las que se desea obtener información detallada del ecograma para los distintos receptores.

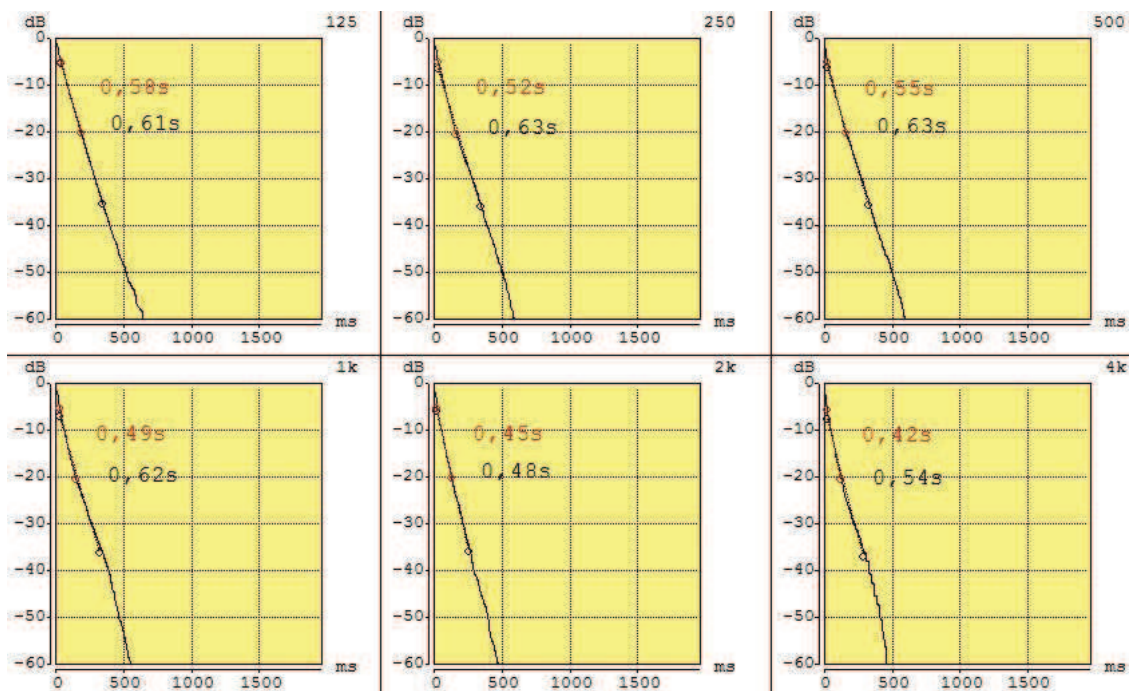
PUNTO 1



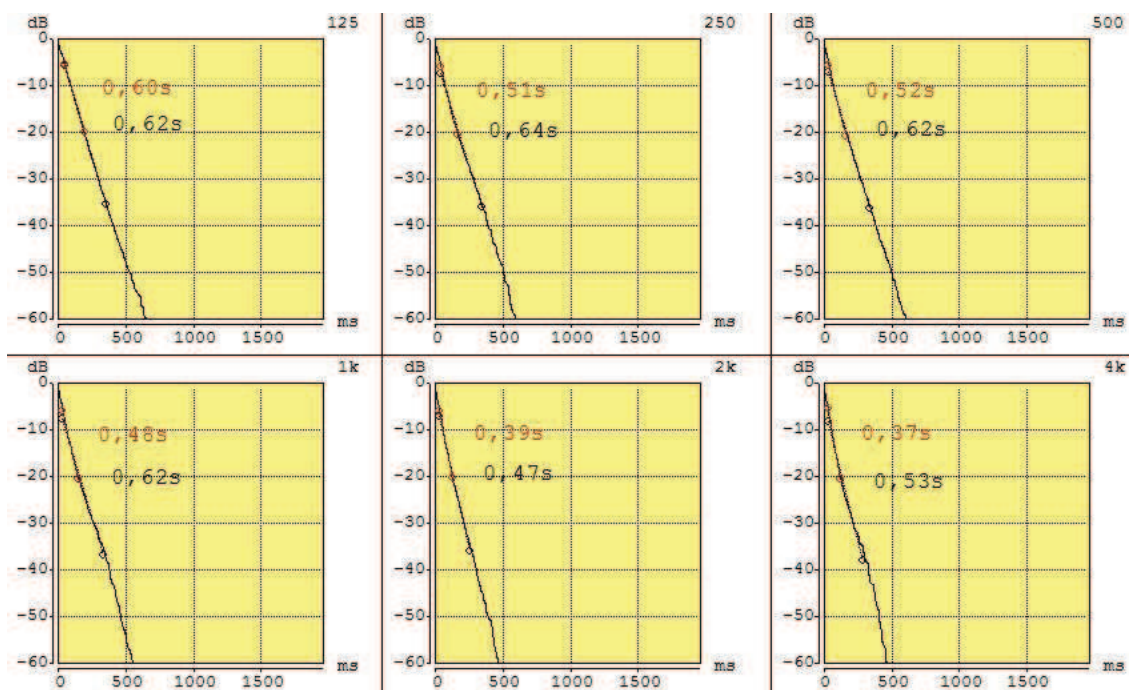
PUNTO 2



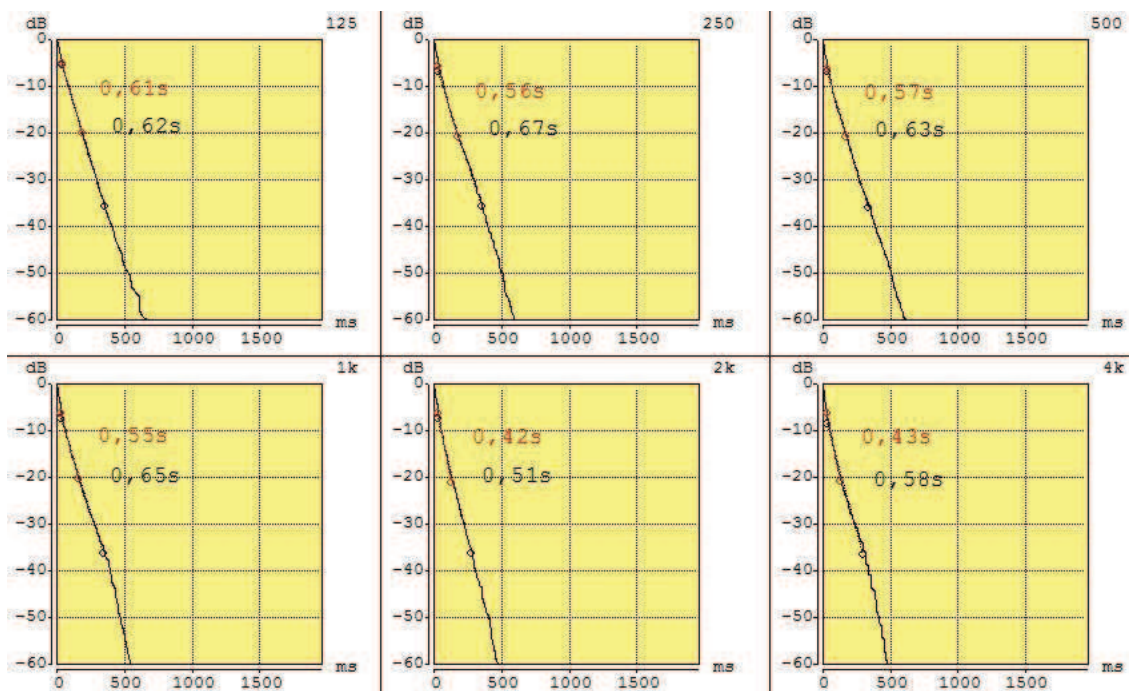
PUNTO 3



PUNTO 4



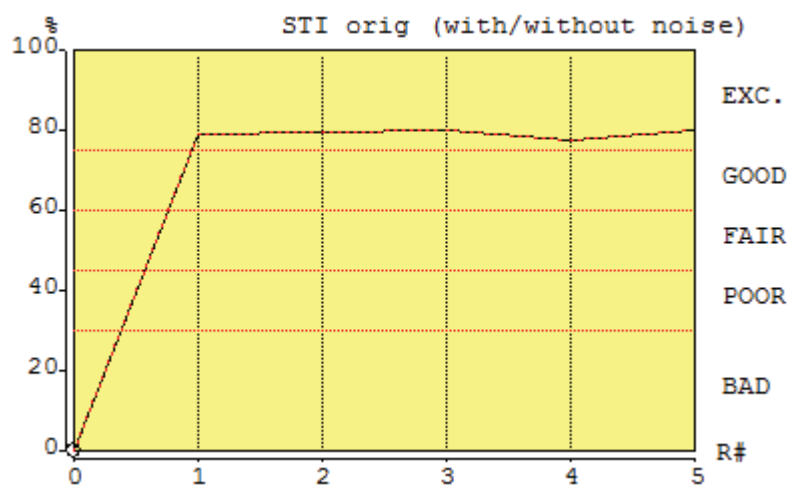
PUNTO 5



Inteligibilidad de la palabra.

Para aulas y salas de conferencias donde la palabra toma un valor primario, es necesario que STI/RASTI se encuentre entre el intervalo de “bueno”.

Como vemos en la siguiente figura, los 5 receptores se encuentran en dicho intervalo, por lo que se asegura la inteligibilidad de la palabra en dicho recinto.



Como se puede observar, los valores de los parámetros acústicos están dentro de los límites exigidos, por lo que el acondicionamiento de la sala es el adecuado para el uso al que es destinado.